

Teemu Leinonen

SISÄYMPÄRISTÖN HALLINTA KORJAUSRAKENTAMISESSA

Insinöörityö
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikan ala
Rakennustekniikka
Kevät 2015

Koulutusala Tekniikka ja liikenne	Koulutusohjelma Rakennustekniikka
Tekijä(t) Teemu Leinonen	
Työn nimi Sisäympäristön hallinta korjausrakentamisessa	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot	Toimeksiantaja Senaatti-kiinteistöt
Aika Kevät 2015	Sivumäärä ja liitteet 52+13
<p>Sisäympäristön ja sisäilmaston hallinta korjausrakentamisessa luo omat haasteensa hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi. Korjausrakentamisessa rakennuspöly on yksi haittatekijöistä. Merkittävin osa rakennuspölystä syntyy korjausrakentamisessa purkutöiden aikana, mihin on hyvä kiinnittää huomiota ennen töiden aloittamista. Suurin osa rakennuspölystä on betonipölyä, mikä voi aiheuttaa erilaisia ärsytysoireita niin rakennusmiehille kuin rakennuskohteen läheisyydessä olevillekin. Rakennuspölyn syntymistä pyritään vähentämään minimoimalla pölyä tuotettavia menetelmiä, mikäli siihen on mahdollisuus. Lisäksi pölyn leviämistä pyritään estämään osastoinnin avulla.</p> <p>Tässä insinöörityössä käsitellään korjausrakentamisen sisäympäristön hallinnan kannalta merkittävimmät aiheet, joilla on keskeinen vaikutus hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi. Eri rakennuspölyille altistumisen seurauksena on paljon haittavaikutuksia ja ne käydään läpi teoriaosassa. Pölyltä suojautuminen on terveyden kannalta tärkeää, joten oikeiden henkilökohtaisten suojainten käyttö rakentamisen aikana on tärkeää. Pölyn leviämisen estäminen osastoinnilla ympäröiviin tiloihin vaikuttaa tilojen käyttäjien sisäilman laatuun korjausrakentamisen aikana. Insinöörityön teoriaosuudessa käsitellään myös sisäilmaluokitus, minkä perusteella luodaan tavoitteet korjausrakentamisen puhtaudelle sekä sisäilmalle. Materiaalien päästöillä on myös merkitystä onnistuneen korjausrakentamisen lopputulokseen, samoin kuin fysikaalisten tekijöiden ja sisäilman kemiallisten epäpuhtauksien vaikutuksilla. Näillä kaikilla tekijöillä yhdessä on huomattava vaikutus käyttäjien viihtyvyyteen.</p> <p>Insinöörityön tutkielmassa käsitellään asioita, jotka tilaajan kannattaa huomioida korjausrakentamisen eri vaiheissa tavoitellun lopputuloksen saavuttamiseksi. Lisäksi korjaushankkeen aikana ilmeni ongelmia, jotka on hyvä huomioida jo alkuvaiheessa. Insinöörityössä verrattiin toteutetun sisäilmakorjauksen pohjalta, missä näitä ongelmia syntyi ja missä vaiheessa kyseisiä asioita on tarkasteltava.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	Sisäympäristö, sisäilma, pöly
Säilytyspaikka	<input checked="" type="checkbox"/> Verkkokirjasto Theseus <input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School School of Engineering	Degree Programme Construction Engineering
Author(s) Teemu Leinonen	
Title Indoor environment management in renovation	
Optional Professional Studies	Commissioned by Senate Properties
Date Spring 2015	Total Number of Pages and Appendices 52+13
<p>The management of indoor environment during renovation creates its own challenges for a good result. In renovation, construction dust is one of the most significant negative factors. The most important part of building dust created in renovation is during demolition work, which is worth paying attention to before starting work. The most significant part of the dust during renovation is the concrete dust which can cause a variety of irritations to construction workers and to those who are close to the building site. Minimizing the amount of dust by using less dusting methods is relevant, as well as preventing the spread of dust by enclosure means.</p> <p>The most important topics of indoor environment management from the point of view of renovation are discussed in this thesis. These things have a significant impact on the good result. Construction dust and its reduction is one important part of this thesis. Dust can cause all kinds of side effects and they are reviewed in the theoretical part. It is important to protect yourself from dust and the right personal protective equipment during construction is necessary. Preventing the spread of dust to the surrounding areas by enclosure means can affect the indoor climate and the fact how users experience the indoor air quality. The classification of indoor climate is one important thing that creates objectives for renovation. Indoor air and renovation purity are also included in the thesis. Materials and their emissions are also relevant to the successful outcome of renovation, as well as physical factors and the effects of poor indoor air quality that users experience.</p> <p>The thesis goes through the issues that the customer should pay attention to during the various stages of construction work to achieve the desired end result. The study is based on an actual indoor air renovation case. There are a lot of things that should be taken into consideration starting from the beginning of the project. In that way many problems are avoided.</p>	
Language of Thesis Finnish	
Keywords	Indoor environment, indoor air, dust
Deposited at	<input checked="" type="checkbox"/> Electronic library Theseus <input type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

ALKUSANAT

Miettiessäni insinööriyön aihetta nousi sisäympäristön hallinta korjausrakentamisessa pelkän pölyn hallinnan tilalle hyvin nopeasti Antti Muhosen avustamana. Aihe vaikutti mielenkiintoiselta ja haastavalta. Insinööriyötä tehdessä moni itsestään selvä asia sai minut ajattelemaan asioita eri näkökulmasta. Työni puolesta olin juuri sopivasti yhdessä toteutettavassa sisäilmakorjaushankkeessa, mistä avautui mahdollisuus tehdä insinööriyö Senaatti-kiinteistöille.

Haluan kiittää Senaatti-kiinteistöjen rakennuttajapäällikköä Juha Kerästä mahdollisuudesta tehdä insinööriyö Senaatti-kiinteistölle sekä kommentteista työhön. Lisäksi haluan kiittää insinööriyöni ohjaajaa Antti Muhosta neuvoista ja kärsivällisyydestä työtäni kohtaan. Iso kiitos kuuluu myös Jatta Pulkkiselle, joka kannusti sekä pakotti viemään työtä eteenpäin myös vaikeina aikoina. Kiitokset kuuluvat myös ystäville kannustuksesta sekä Merja Hulkkoselle kirjoittamani tekstin oikolukemisessa.

Kajaanissa 25.1.2015

Teemu Leinonen

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 RAKENNUSPÖLY SEKÄ SEN VÄHENTÄMINEN	2
2.1 Betonipöly	4
2.2 Kvartsipöly	6
2.3 Puupöly	6
2.4 Tasoitepöly	7
2.5 Kivi-, tiili- ja laastipöly	7
2.6 Asbestipöly	7
2.7 Mikrobipöly	8
2.8 Maalipöly	9
2.9 Eristevillapöly	10
2.10 Rakennussiivous	10
2.11 Rakennuspölyjen aiheuttamat terveyshaitat	11
2.12 Hiukkaspitoisuuteen vaikuttavat tekijät	13
2.13 Pölyntorjunta	14
2.14 Pölyn syntymisen estäminen	17
2.15 Kohdepoistot ja märkämenetelmät	17
2.16 Yleisilmanvaihto ja puhdistajat	18
2.17 Osastointi ja alipaineistus	19
2.18 Sulkutila	21
2.19 Hengityssuojaimet	22
3 SISÄYMPÄRISTÖ	24
3.1 Hyvä sisäilmasto	24
3.2 Ilmanvaihto	25
3.2.1 Painovoimainen ilmanvaihto	26
3.2.2 Koneellinen poistoilmanvaihto	26
3.2.3 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto	27
3.2.4 Ilmanvaihdon käyttö ja huolto	27
3.2.5 Suodattimet	28
3.3 Fysikaaliset tekijät	29
3.3.1 Lämpötila	29

3.3.2 Veto	30
3.3.3 Kosteus	30
3.3.4 Melu	31
3.3.5 Radon	31
3.3.6 Valaistus	32
3.4 Sisäilman kemialliset epäpuhtaudet	32
3.4.1 Hiilidioksidi	33
3.4.2 Hiilimonoksidi	33
3.4.3 Otsoni	33
3.4.4 Rikkioksidi ja muut rikkiyhdisteet	33
3.4.5 Ammoniakki	34
3.4.6 VOC	34
3.4.7 Formaldehydi	35
3.4.8 2-etyyliheksanoli	35
3.4.9 Muut sisäilman hiukkasmaiset epäpuhtaudet	37
3.5 Kosteus- ja mikrobivauriot	37
3.6 Psykologiset tekijät	39
3.7 Rakennusmateriaalien päästöluokitus	40
3.8 Emissio	41
4 SISÄILMALUOKITUS	42
5 KAJAANIN OIKEUS- JA POLIISITALON SEKÄ UUDEN VIRASTOTALON SISÄILMASTOKORJAUKSET	44
5.1 Yleistietoa kohteesta	44
5.2 Korjaustöiden toteutus	44
5.2.1 Valmistelevat toimenpiteet	45
5.2.2 Osastointi	46
5.2.3 Purkutyö	47
5.2.4 Rakenteiden uusiminen	47
5.2.5 Ikkunat	48
5.2.6 Lopettavat toimenpiteet	49
5.2.7 Pintakäsittely	49
5.3 Siivous	50
5.4 Laadunvarmistus	50

6 YHTEENVETO	52
LÄHTEET	53
LIIITEET	

SYMBOLILUETTELO

2-etyyliheksanoli kaasumuotoinen ja rasvaliukoinen yhdiste, jota muodostuu muovimattojen liimojen ja pehmikkeiden hajoamistuotteena.

Alipaineistaja on kone, joka siirtää ilmaa pois tilasta luoden alipaineen.

Alipaineistus, missä tila tehdään tiiviiksi ja alipaineistetaan koneellisesti.

Altistuminen tarkoittaa ihmisen joutumista kosketukseen haitallisen tekijän kanssa.

Asbesti on kuitumainen silikaattimineraali.

Emissio on materiaalin pinnasta tapahtuva kemiallisten yhdisteiden haihtumisilmiö

HEPA-suodatin on erittäin korkean erotteluasteen omaava suodatin.

Orgaaninen on eloperäinen, elävästä luonnosta peräisin oleva.

Osastointi on tilojen rajaaminen pienempiin, erillisiin osastoihin.

Sisäilma on rakenteiden rajaamalla alueella olevaa ilmaa.

Sisäilmasto on sisäilmaa laajempi käsite, jolla tarkoitetaan sisäilman epäpuhtauksien lisäksi myös ilmanvaihtojärjestelmää sekä lämpöolosuhteita.

Sisäympäristö on sisäilmastoa laajempi käsite, jolla tarkoitetaan sisäilmaston lisäksi valaistusta, ääniympäristöä ja ergonomisia tekijöitä. Sisäympäristöön kuuluu myös tilojen käytettävyys, esteettömyys, turvallisuus ja psykososiaaliset näkökulmat sekä monet viihtyvyystekijät kuten värit ja materiaalit. Sisäympäristöllä tarkoitetaan esimerkiksi toimistojen, koulujen sekä päiväkotien sisäympäristöä.

Tilan käyttäjät ovat tiloissa toimivia organisaation henkilöstöä, asiakkaita sekä muita mahdollisia tilan käyttäjiä.

TVOC (total microbial volatile organic compounds) on haihtuvien orgaanisten yhdisteiden yhteenlaskettu pitoisuus.

VOC (volation organic compound) eli haihtuva orgaaninen yhdiste. Nämä esiintyvät huone-lämpötilassa kaasumaisessa olotilassa, jotka ovat kemiallisia yhdisteitä.

1 JOHDANTO

Ihmisten jatkuva tyytymättömyys sisäympäristöön sekä ongelmat sisäilman laadussa vaativat jossain vaiheessa lisäselvityksiä. Selvitykset ja tutkimukset luovat pohjan korjaussuunnittelulle ja korjausrakentamiselle, ja niillä on suuri merkitys läpi koko hankkeen. Sisäympäristön hallinta luo omat haasteensa korjausrakentamisessa ja hankkeen onnistumisessa, jossa on osattava ottaa huomioon useita asioita.

Sisäympäristön hallinnan kannalta korjausrakentamisessa tärkeimpiä tekijöitä ovat rakennuspöly, sisäilman laatu, ilmanvaihto, fysikaaliset tekijät, sisäilman kemialliset epäpuhtaudet, home- ja kosteusvauriot, rakennusmateriaalien päästöt sekä emissiot. Sisäympäristön hallinta koostuu siis useasta asiasta, jotka tilojen käyttäjät voivat kokea haittatekijänä ennen korjausrakentamiseen ryhtymistä. Lisäksi sisäympäristöön kokemiseen vaikuttavat käyttäjien psykologiset tekijät sekä se, miten he aistivat ja kokevat käytettävän sisäympäristön.

Insinööriyön tilasi Senaatti-kiinteistöt. Senaatti-kiinteistöt vastaavat kokonaisvaltaisesti asiakkaidensa toimitilaratkaisuista. Senaatti-kiinteistöt kuuluvat valtiovarainministeriön alaisuuteen, ja sen tehtävänä on toimia valtion työympäristö- ja toimitila-asiantuntijana. Senaatti-kiinteistöt omistavat rakennuksia n. 10 500 kappaletta, joiden pinta-ala on n. 6,4 milj. m².

Insinööriyön tarkoituksena on tutkia korjausrakentamisen yhteydessä sisäympäristön hallintaan vaikuttavia asioita sekä tekijöitä. Tutkielmassa kuvataan asioita, joita tilaajan kannattaa huomioida jo suunnitteluvaiheessa, sekä asioita, joihin kannattaa kiinnittää huomiota työn toteutuksen aikana.

Teoriaosuuteen koottiin kirjallisista sekä internetlähteistä viimeisimpiä tietoja ja tutkimustuloksia rakennuspölystä sekä sen aiheuttamista haittavaikutuksista ja sen hallinnasta. Rakennuspölyn lisäksi työn teoriaosuudessa käsitellään sisäympäristön muita tekijöitä, joista osaan voidaan vaikuttaa myös korjausrakentamisella. Teoriaosuudessa käydään läpi myös sisäilma-luokitus, jolla voidaan määrittää raja-arvoja ilman laadulle, rakentamiselle sekä ilmanvaihdolle.

2 RAKENNUSPÖLY SEKÄ SEN VÄHENTÄMINEN

Korjausrakentamishankkeet pystytään jakamaan neljään eri päätyyppiin: kosteusvaurio-, putki- ja energiasaneeraus sekä peruskorjaus. Erona korjaus- ja uudisrakentamisen välillä on se, että saneerauksen aikana rakennus voi olla käytössä ja se aiheuttaa haasteita käyttäjien turvallisuuden sekä pölyntorjunnan näkökulmasta. Korjaushankkeissa tulisi aina estää terveys- ja viihtyisyyshaitat niin työntekijöille kuin itse rakennuksen käyttäjille. [1.]

Rakennuspölyllä on erittäin suuri vaikutus terveydelle ja hyvinvoinnille niin rakennustyöntekijöille kuin rakennustyön läheisyydessä oleskeleville. Pölyävissä vaiheissa työntekijät altistuvat monille erilaisille rakennuspölyille. Pölyntorjunnan puutteellisuudesta johtuen myös korjattavia tiloja ympäröivien, normaalissa käytössä olevien tilojen käyttäjät voivat altistua rakennuspölyille. Lisäksi työntekijät, jotka tekevät vähemmän pölyäviä työvaiheita, voivat mahdollisesti altistua pölyävistä työvaiheista aiheutuvaan pölyyn. Yleisimpiä rakennustyössä syntyviä pölyjä ovat betonipöly, tiili- ja kivipöly, puupöly ja eristekuitupöly. [2.]

Rakennuspöly voi aiheuttaa ongelmia vielä hankkeen valmistumisen ja käyttöönotonkin jälkeen. Rakentamisvaiheessa syntyy pölyä, joka jää ilmaan leijumaan, mistä se laskeutuu materiaalien pinnoille ja voi aiheuttaa esteettistä sekä terveydellistä haittaa rakennuksen käyttäjille pitkänkin ajan jälkeen. Kuvassa 1 sivulla 3 on esitetty pölyn leijumisominaisuuksia. [2.]

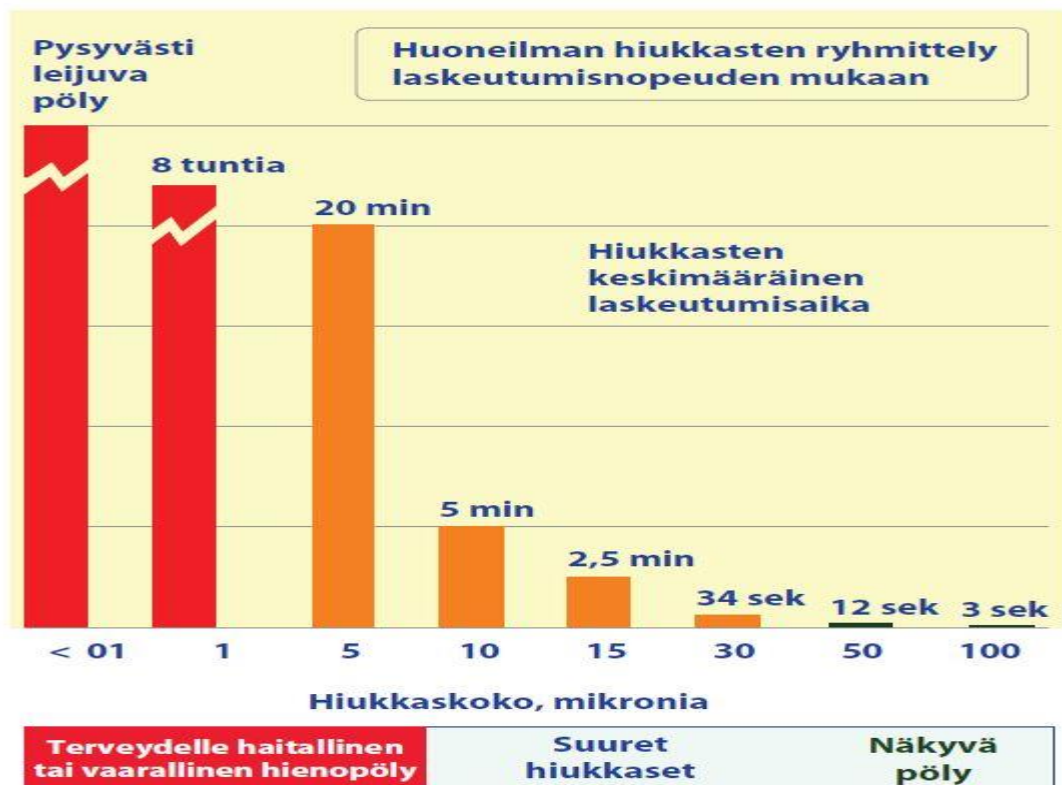
Pölynhallinnalla on erittäin suuri merkitys korjausrakentamisessa. Pölynpoiston hyvällä hallinnalla ja suunnittelulla pystytään estämään pölyn leviäminen puhtaisiin tiloihin sekä vähennetään työntekijään kohdistuvaa pölykuormitusta. Tämä edellyttää kunnossa olevia laitteita ja riittävän tehokkaita laitteita. [2.]

Purkutyö on korjausrakentamisessa yksi pölyisimmistä työvaiheista, missä rakenteiden ja materiaalien rikkominen, käsittely sekä kuljettaminen altistavat työntekijöitä rakenteissa käytetyistä raaka-aineista ja tuotteista ilmaan pääseville epäpuhtauksille. Korjausrakennustyömaan hallinnan haasteellisuutta lisää käytettyjen materiaalien laaja kirjo sekä rakenteissa mahdollinen kosteusvaurio, mikä mahdollisesti lisää altistumismahdollisuutta myös mikrobeille. [1.]

Rakennustyöntekijöiden turvallisuus Suomessa on otettu huomioon lainsäädännössä. Työntantajaa työturvallisuuslaki velvoittaa huolehtimaan työntekijöiden työoloista ja -turvallisuudesta (Ttl 738/2002). Valtioneuvoston asetuksessa VNa 205/2009 painotetaan

rakennustyön työoloja ja sen mukaan ”kemiallisten tekijöiden aiheuttamien vaarojen ehkäisemiseksi sekä pölyntorjunnassa on käytettävä riittävän tehokkaita paikallispoistolaitteita. Tarvittaessa työtilat on osastoitava ja käytettävä paine-eron toteuttavaa ilmastointijärjestelmää ja paine-eron aikaansaavia laitteita. Jos käytetään koneellisia paikallispoistolaitteita, ne on pidettävä toimintakunnossa. Laitteiden on toimittava niin, että työntekijöiden turvallisuudelle tai terveydelle ei aiheudu haittaa tai vaaraa. Jos työntekijöiden turvallisuuden ja terveyden kannalta on tarpeellista, paikallispoistolaitteet on varustettava valvontajärjestelmällä, joka ilmoittaa toimintahäiriöistä.” [3.]

Pölyntorjunnan kannalta työmenetelmien valinta on hyvin tärkeää. Rakennuspölylle altistutaan erityisesti silloin, kun purku tehdään piikkaamalla, lekalla tai sahalla. Kuvassa 2 sivulla 4 on kuvattu yleisimmät epäpuhtaudet, joille rakennustyössä altistutaan. Lisäksi rakennussiivoisuus on yleensä hyvin pölyävä työvaihe. Suositeltavia työmenetelmiä purkutöissä ovat timanttileikkaus sekä murtaminen. Pölyävissä työvaiheissa korjausrakentamisessa tarvitaan kohdepoistot. Kohdepoistojen valinnassa pitää kiinnittää huomiota kohdepoiston tehokkuuden lisäksi suodattimien tehokkuuteen sekä laitteen huollettavuuteen. [1.]



Kuva 1. Huoneilman hiukkasten ryhmittely laskeutumisnopeuden mukaan. [4.]

RAKENNUSPÖLY				
	Betoni-pöly	Tiili- ja kivi-pöly	Puupöly	Eriste-kuitupöly
Altistavat työ-vaiheet	hionta- ja tasoitetyöt piikkaus elementti-asennus laikka-leikkaus siivous	tiilien leikkaus / lohkominen kivi-materiaalin työstö piikkaus siivous	levy-asennukset sahaus hionta telineiden rakentaminen sisä-panelointi kaluste-asennus parketti-asennus listoitus siivous	eristeiden leikkaus ja asennus puhallus-villan levitys eristystöiden jälkeiset työt siivous
Erityisesti altistuva työn-tekijä-ryhmä	betoni-rakentaja elementti-työntekijä talon-rakentaja hionta- ja tasoitetöiden tekijät siivoojat	muurarit ja apu-miehet siivoojat	kirves-miehet parketti-miehet kaluste-asentajat siivoojat	eristäjät rakennus-mies siivoojat

Kuva 2. Rakennustyön aikaiset altistavat epäpuhtaudet.[1.]

2.1 Betonipöly

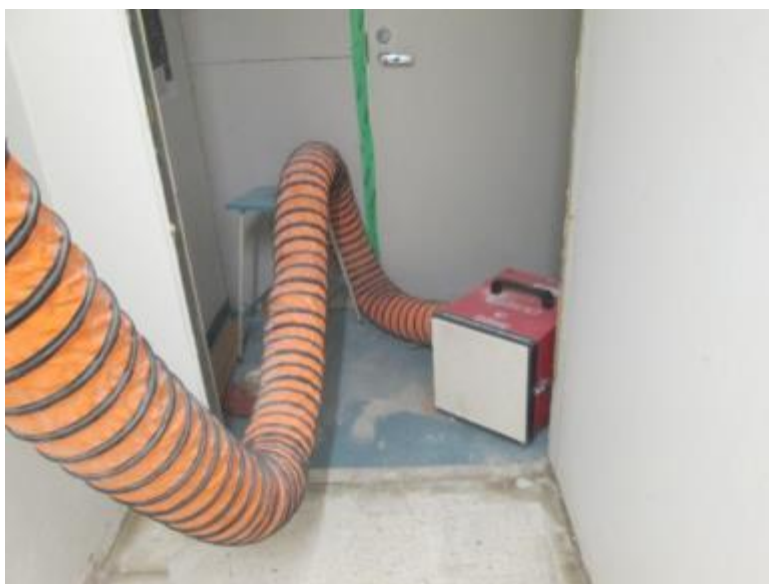
Korjausrakentamisessa syntyvästä pölystä merkittävin osa on betonipölyä. Rakennustyöntekijät altistuvat betonipölylle useissa työvaiheissa, mutta merkittävimmät altistavat työvaiheet ovat piikkaus sekä lattioiden ja seinien hionta- ja tasoitustyöt. Lisäksi siivous- ja raivaustyössä altistutaan hyvin usein betonipölylle. Betoni koostuu kvartsipitoisesta kiviaineksesta, vedestä, sementistä ja mahdollisista lisäaineista. [5.]

Piikkaus on pölyä synnyttävä työvaihe, jota käytetään korjausrakentamisen purkutyövaiheessa hyvin usein. Yleisimpiä piikkaustöitä ovat laattojen irrotus, seinien piikkaus, valuroiskeiden poisto ja roilotus. [2.]

Betonin hionta ja jyrsintä ovat myös pölyäviä työvaiheita. Betonin ohuen kerroksen poistoon käytetään timanttilaikalla varustettua hiomakonetta. Betonijyrsintä käytetään silloin, kun halutaan poistaa kerralla paksumpi kerros betonia. [2.]

Timanttisahaus ja poraus sekä lekalla purkaminen tuottavat runsaasti betonipölyä. Varsinkin lekalla purkaminen aiheuttaa runsaasti pölyä. Myös sahaus ja poraus tuottavat runsaasti betonipölyä, jos työn yhteydessä ei käytetä vettä, joka sitoo merkittävästi pölyä. [2.]

Syntyvää betonipölyn määrää korjausrakentamisessa ei voida kovinkaan paljoa vähentää, mutta hyvällä pölynhallinnalla pystytään vähentämään sen haittavaikutuksia. Osaan työkohteista on mahdollista integroida esimerkiksi imuri, joka kerää osan pölystä suoraan talteen. Alipaineistuksella saadaan tilaan riittävä ilmanvaihto, jolloin pölyn kulkeutuminen saadaan hallintaan. Työvaiheissa, joissa pystytään käyttämään vettä pölynsidonta-aineena, sitä on hyvä käyttää, koska tämä vähentää pölyn määrää merkittävästi. Kuvassa 3 rakennuspölyn määrää pyritään vähentämään alipaineistajan avulla. [2.]



Kuva 3. Alipaineistuksella pyritään pienentämään rakennuspölyn leviämistä.

2.2 Kvartsipöly

Betonipöly ja monet muut korjausrakentamisessa muodostuvat pölyt voivat sisältää huomattavia määriä piioksidia. Piioksidin osuus vaihtelee rakennusmateriaalin mukaan. Kidemuodossa oleva piioksidi esiintyy kolmena eri muotona, jotka ovat kristobaliitti, tridymiitti ja kvartsi. Rakennuspölyssä näistä kolmesta esiintyy kvartsia. Kvartsia esiintyy myös muissa luonnonhiekkaa sisältävissä rakennusmateriaaleissa, kuten laasteissa. Kvartsia sisältävän rakennuspölyn koostumus vaihtelee huomattavasti työstettävän materiaalin kuten betonin, kivi- tai laattamateriaalin mukaan. [2.]

Korjausrakentamisessa suurimmat kvartsipitoisuudet syntyvät hionta- ja tasoitetöissä, sahausuksessa sekä siivouksessa. Lisäksi hiekkapuhallus tuottaa kvartsipitoista rakennuspölyä. Kvartsipitoisuuksia pystytään parhaiten vähentämään hyvällä kohdepoistolla. Yleisesti hionnat tehdään kohdepoistoilla varustetuilla koneilla, mutta silti pöly- ja kvartsipitoisuudet ylittävät usein ohjearvot. Korjausrakentamisessa kvartsille altistuvat erityisesti betonityöntekijät, muurarit, rapparit sekä siivoajat. [1.], [2.]

2.3 Puupöly

Puupöly on merkittävä pölytyyppi betoni- ja kvartsipölyn lisäksi korjausrakentamisessa. Puupölylle altistutaan korjausrakentamisen useissa eri vaiheissa, kuten rakennusmateriaalien sahausuksessa sekä parkettilattioiden asennus- ja hiontatöissä. Puupölylle altistavia työvaiheita saattavat olla työmaalla telineiden rakentaminen, sisäpaneloinnit, viimeistely- ja listoitustyö sekä kalusteiden asennus. Suurin osa puupölypitoisuuksille altistuvista työntekijöistä korjausrakentamisessa on talonrakentajia (kirvesmiehiä), jotka sisätiloissa käyttävät puuntyöstövälineitä ilman kohdepoistoa tai riittävää ilmanvaihtoa. Kohdepoiston sekä ilmanvaihdon käyttäminen vähentäisi puupölylle altistumista ja vähentäisi haitallisia terveysvaikutuksia. [2.]

Puupölyhiukkasten kokoon vaikuttaa puuntyöstömenetelmä. Puun sahaustyössä pöly on hyvin usein karkeaa, kun taas hiontatyössä pöly on hienojakoista. Lisäksi puuntyöstössä pölyn lisäksi vapautuu jonkin verran muita epäpuhtauksia ilmaan, kuten esimerkiksi hartsihappoja. Myös puulajilla, puun kosteudella sekä kovuudella on vaikutusta pölyävyyyteen. Rakentami-

sessä yleisimmät puulajit joita Suomessa käytetään, ovat kuusi sekä mänty, jotka ovat pehmeitä puulajeja. Näiden lisäksi koivu on hyvin yleinen puulaji rakentamisessa. [1.], [2.]

2.4 Tasoitepöly

Rakennuspölyn merkittäviä lähteitä ovat erilaiset tasoitetyöt. Tasoitteet koostuvat sementistä, kvartsihiekestä sekä erilaisista polymeereistä. Tasoitetyöt ovat tyypillisesti monivaiheinen prosessi, jolla peitetään seinien, lattioiden sekä kattojen epätasaisuudet. Yleensä seiniin sekä kattoon tasoitteen ensimmäinen kerros levitetään ruiskuttamalla, jonka jälkeen tasoite liipataan ja annetaan kuivua. Tasoitteen kuivuttua pinta hiotaan sekä siihen levitetään uusi tasointekerros, jonka jälkeen hionta toistetaan, kun tasoite on kuivunut. Katto- ja seinäpintojen tasoittaminen vaatii useamman käsittelykerran, tyypillisesti jopa 3 tai 4 käsittelykertaa. Yleensä tasoitepölylle altistutaan myös tasoitteen valmistusvaiheessa sekä hiontavaiheessa jopa 3 - 4 kertaa. Myös siivousvaiheessa tasoitepölylle altistuminen on mahdollista. [2.]

2.5 Kivi-, tiili- ja laastipöly

Laasti-, kivi- ja tiilipöly ovat ongelmallisia eritoten muurareille ja heidän apulaisilleen sekä myös siivoojille. Tiili- ja kivi- ja tiilipölyille altistutaan sahalla, lekalla sekä piikkaamalla tehtävissä purkutoissa. Myös muiden rakennuspölyjen tapaan siivoojat voivat altistua laasti-, kivi- ja tiilipölylle. Tämä pölytyyppi sisältää noin 4 - 10 % terveydelle haitallista kvartsia, jossa pitoisuuteen vaikuttaa kivilaatu. Kivi- ja tiilipölylle sovelletaan epäorgaanisten pölyjen HTP_{8h} -arvoa 10 mg/m^3 sekä hienojakoisen kvartsin HTP_{8h} -arvoa $0,05 \text{ mg/m}^3$. [2.], [6.].

2.6 Asbestipöly

Sidottuna asbesti rakennusmateriaalissa ei aiheuta vaaraa rakentajille ja käyttäjille. Purettaessa asbestipitoisia rakennusmateriaaleja sekä työstettäessä niitä asbestikuituja vapautuu ilmaan, mistä ne kulkeutuvat hengityksen mukana keuhkoihin jääden sinne. Asbestin purkutyössä nykyään tekniikka ratkaisee työilmaan pääsevän asbestipölyn määrän, kuten esimerkiksi asbestia sisältäviä putkieristeitä pyritään purkamaan pussipurkuna, jossa pöly jää pussiin purka-

essa. Asbestin vaikutukset terveyteen näkyvät vasta 10–30 vuoden kuluttua altistumisen alkamisesta, tai joskus myöhemminkin. Asbestikuitujen aiheuttama välitön ärsyttävyys ei juuri poikkeaa hiekka- tai savipölyn aiheuttamista ärsytysoireista. Asbesti ei aiheuta äkillisiä oireita. [7.]

Luonnossa esiintyvä asbesti on silikaattimineraali, jonka kuidut ovat kiteisiä sekä muodostavat kuitukimppuja. Asbestissa on useita hyviä rakennusmateriaalilta vaadittavia teknisiä ominaisuuksia. Asbestia on käytetty rakennusallalla lämmön- ja paloneristeenä, seinä- ja kattolevyissä, tuulensuojalevyissä, vesi- ja viemäriputkissa, lattiamateriaaleissa, tasoitteissa, laasteissa sekä julkisivumaleissa. Nykyään asbestia löytyy useista peruskorjattavista rakennuksista, koska 2/3 kaikesta Suomessa käytetystä asbestista, arviolta 200 000 tonnia, on edelleen rakennuskannassa. Asbestin purkutyö on luvanvaraista työtä. [1.]

2.7 Mikrobipöly

Lisääntyvän korjausrakentamisen myötä on myös rakennustyöntekijöiden mikrobialtistumiseen kiinnitetty nykyään enemmän huomiota. Korjaustöiden aikana mikrobeja sekä niiden itiöitä vapautuu ilmaan, jolloin mikrobipitoisuudet voivat kohota mikrobivauriorakenteiden purku-, korjaus- ja siivoustyön aikana merkittävän korkeiksi. Mikrobipitoisuudet laskevat korjaustöiden aikana purkutyön aikaisista pitoisuuksista, mutta ovat korkeampia kuin ennen purkamista. Korjausrakennuskohteessa mikrobien on todettu leviävän varsinaisesta korjauskohteesta rakennuksen muihin tiloihin, jolloin rakennustyöntekijöiden lisäksi altistuvat myös muut muissa tiloissa olevat. Rakennustyön aikaista mikrobialtistumisen vähentämistä on selvitettävä tapauskohtaisesti. Suojauksiin on syytä kiinnittää erityistä huomiota. Purkutöissä käytetään suojahaalaria, suojakäsineitä sekä puhaltimella varustettua hengityssuojainta, jossa suodatinluokka on FFP3. Kuvassa 4 sivulla 9 on purkutyössä suojauduttu mikrobialtistumiselta. [8.]



Kuva 4. Mikrobivaurion purkutyössä on käytettävä asiaan kuuluvia varusteita.

Kosteus- tai mikrobivaurio voi johtua rakennuksen laite- tai putkivuodosta sekä kosteuden kulkeutumisesta rakenteeseen. Vaurio pitää korjata heti kun se on todettu, koska korjaamaton kosteusvaurio voi johtaa mikrobikasvuun rakenteissa sekä heikentää sisäilman laatua vapauttamalla sinne terveydelle haitallisia mikrobeja sekä niiden aineenvaihduntatuotteita. Korjauksen jälkeen myös pinnoille ja ilmaan jäävä pöly sekä siinä olevat kemialliset ja mikrobiologiset epäpuhtaudet saattavat aiheuttaa viihtyisyys- ja terveyshaittoja tilojen käyttäjille. Korjausrakentamisen aikaiseen ja sen jälkeiseen siivoukseen on kiinnitettävä riittävästi huomiota. Siivouksen jälkeen puhtauden laatu tulee tarkastaa ja seurata tarvittaessa vähintään 1 kk ajan. Tarvittaessa pölynlaskeutumista voidaan seurata teippinäytteiden avulla, millä myös pystytään toteamaan puhtauden taso. [1.]

2.8 Maalipöly

Maalisumua muodostuu ruiskumaalauksessa, ja se voi kuivuessaan muuttua pölymäiseen muotoon. Rakennusosalalla käytetään nykyään lähes poikkeuksetta aina vesiohenteisia maaleja, jotka ovat pääosin syrjäyttäneet liuotinpohjaiset maalit viime vuosikymmenen aikana. Kuitenkin rakennustyömailla käytetään edelleen jossain määrin myös liuotinpohjaisia maaleja, joista käytetyimmät maalit ovat alkydimaalit. Näiden lisäksi käytetään epoksimaaleja ja polyuretaanimaaleja, joiden ruiskutuksesta sekä hionnasta muodostuu pölyä. Ruiskumaalaus sekä

maalien hiontatöissä sovelletaan orgaanisen pölyn HTP_{sh} -arvoa 5 mg/m^3 . Aiheutuvaa pölyä maalaustyössä pystytään hallitsemaan hyvällä kohdepoistolla. [2.], [6.].

2.9 Eristevillapöly

Korjausrakennustöihin kuuluvat myös äänen- ja lämmöneristystyöt. Eristämiseen voidaan käyttää esimerkiksi mineraalivillasta valmistettuja eristelevyjä sekä erilaisia irtoeristemateriaaleja. Erityisesti pölypitoisuuteen vaikuttaa eristykseen käytettävä materiaali. Mineraalivillat voivat olla joko lasi-, kivi- tai kuonavilloja. Pääraaka-aineena lasivilloissa käytetään nykyisin kierrätyslasia. Kivivillat tuotetaan emäksisistä kivilajeista. Villojen valmistuksessa kuidut sidotaan yhteen fenoliformaldehydihartsisideaineella, jonka pitoisuus on muutamia prosentteja eristeen massasta. Pitoisuuden alhaisuudesta huolimatta sideaineilla voi olla merkittäviä terveysvaikutuksia, koska sideaineen osuus on kuitujen pinnoilla suurinta. Villapölyille sekä kuituille altistutaan lasivilla- ja vuorivillaeristeiden asennuksessa tai vanhojen eristeiden purussa, puhallusvillan puhalluksessa sekä myös eristystyön jälkeisissä levytyksissä. [1.], [2.]

Tehtaässä eristystöitä on tilassa oltava hyvä ilmanvaihto sekä rakennustyöntekijän on syytä käyttää henkilökohtaisia suojaimia. Lämmöneristeen kuituja voi kulkeutua sisäilmaan rakennuksen vaipassa olevien ilmavuotojen mukana. Lisäksi pinnoittamattomat sekä pinnaltaan rikkoutuneet akustiikkalevyt ja äänieristeet voivat olla tyypillisiä sisäilman teollisten mineraalikulitujen lähteitä. [1.], [2.]

2.10 Rakennussiivous

Korjausrakentamisen aikaisen laadukkaan ja säännöllisen siivouksen tarkoituksena on suojella rakennustyöntekijöitä sekä ympäröivien tilojen käyttäjiä rakentamisesta aiheutuvilta epäpuhtauksilta. Siivouksella estetään myös rakentamisen pintojen likaantumista ja vaurioitumista sekä lisätään rakennustöiden sujuvuutta. Rakennussiivous käsittää rakentamisen aikaisen siivouksen sekä loppusiivouksen. [1.]

Rakennussiivous tarpeen mukaan vähentää työskentelytilan ilmassa olevien hiukkasten määrää sekä estää hiukkasten kertymistä suojaisiin paikkoihin, kuten esimerkiksi alakattojen yläpuolisiin rakenteisiin sekä suojaamattomiin läpivientikouruihin. Siivouksetojen määrään vai-

kuttavat korjattaville tiloille asetetut puhtaustasovaatimukset. Lisäksi rakennustöiden eri vaiheet vaikuttavat siivouskertojen määrään. Purkutyön aikana siivous on tehostetumpaa kuin viimeistelytöiden aikana. Lisäksi siivous on toteutettava eri työvaiheiden välillä, että aikaisemmasta työvaiheesta peräisin oleva laskeutunut pöly ei nouse enää seuraavassa työvaiheessa ilman liikkeiden vaikutuksesta takaisin hengitysilmaan. [1.]

Rakennussiivouksessa tulee käyttää pölyä tehokkaasti sitovia menetelmiä. Rakentamisen aikana käytetään siivouksessa kuivamenetelmiä. Loppusiivouksen yhteydessä kuivamenetelmän lisäksi käytetään nihkeä- ja kosteapyyhintää sekä peseviä menetelmiä. Pölyn ilmaan nousemisen välttämiseksi ei harjausmenetelmiä tule käyttää. Harjausmenetelmällä pölyn puhdistuskyky on erittäin heikko ja työntekijän altistuminen pölylle on suurempaa muihin siivoustekniikoihin verrattuna. Yleisempiä menetelmiä ovat lastaaminen sekä imurointi HEPA-suodattimella varustetulla imurilla. [1.]

Käytön jälkeen siivousvälineet tulee puhdistaa aina. Imurin puhdistuksella pystytään varmistamaan imutehon säilyminen. Myös huoltotoimien aikana on käytettävä henkilökohtaisia suojaimia pölyaltistumisen välttämiseksi. [1.]

2.11 Rakennuspölyjen aiheuttamat terveyshaitat

Korjausrakentamisessa on mahdollista altistua erilaisille terveydelle haitallisille sekä vaarallisille altisteille. Terveydelle haitalliset epäpuhtaudet on syytä tunnistaa sekä paikallistaa purettavissa rakenteissa jo suunnittelun alkaessa. Haitalliset altisteet on tunnistettava sekä paikallistettava etukäteen haitallisten aineiden kartoituksessa. Terveydelle vaarallisten haitallisten yhdisteiden tunnistamisen jälkeen on arvioitava rakenteen purkamisesta aiheutuva pölyn muodostuminen. [1.]

Kartoituksen jälkeen laaditaan purkutyölle suunnitelma, jossa myös pyritään vähentämään työntekijöiden ja kohteen välittömässä läheisyydessä olevien käyttäjien haitallisille aineille altistuminen. Purku- sekä korjaustöiden aikana estetään pölyn leviäminen työntekijöiden hengitysvyöhykkeelle sekä myös korjauskohdetta ympäröiviin tiloihin. Pölyntorjunnan taso määräytyy työkohteessa tehtävien korjaustoimenpiteiden mukaan. Purkutyöhön täytyy valita sopivat koneet, laitteet, suojaimet ja työmenetelmät. [1.], [2.]

Emäksisyytensä takia betonipöly ärsyttää hengitysteitä ja ihoa. Myös betonipöly sisältää kvartsia, mikä voi mahdollisesti aiheuttaa pitkäkestoisessa altistumisessa pölykeuhkosairauden. Altistuminen kvartsipölylle lisää keuhkosityöpariskiä. Kvartsi lisää keuhkohtaumatautiin sairastumisen riskiä, kuten muutkin pölyt. Kuitenkin tupakka on tärkein keuhkohtaumataudin aiheuttaja. Sementti aiheuttaa kromiallergiaa, jonka oireena ovat ihon ärsyntyminen ja allergiat. Sementistä on pyritty vähentämään kromaattipitoisuutta, mutta sementissä on kuitenkin edelleen nikkeliä sekä kobolttia, jotka voivat aiheuttaa oireita. [1.], [2.]

Hiukkaskoko puupölyssä vaihtelee välillä 0,1 - 100 μm . Puupöly voi mahdollisesti aiheuttaa mekaanista ärsytystä iholla, allergisen kosketusihottuman tai ärsytysihottuman. Suomessa yleisimmin käytetyt puulajien pölyt aiheuttavat hengitysteiden ärsytystä. Suuri osa sahauspölystä on karkeaa, ja se jää ylempiin hengitysteihin poistuen liman mukana. Hionnassa muodostuva hieno pöly voi kulkeutua myös alempiin hengitysteihin. Kovien puulajien hienopölyn on todettu aiheuttavan pitkällisen altistumisen seurauksena astmaa. EU:ssa on luokiteltu syöpävaarallisiksi kovapuulajeista syntyvä pöly, koska niiden on todettu aiheuttavan nenäsyöpää 1999/38/EY. Syöpävaarallisuus sekä herkkyys riippuvat puupölyn puulajista, mutta kaikkiin tavallisiin puupölyihin liittyy aina terveyshaittoja, joita voi ilmetä jo pitoisuuden ylittäessä 0,5 mg/m³. [1.]

Mineraalikuidut aiheuttavat jo melko alhaisinakin pitoisuuksina ihon, silmien sekä hengitysteiden ärsytystä, nenän tukkoisuutta sekä limakalvojen ärsyyntymistä. Eristeissä sekä äänenvaimennusmateriaaleissa sideaineena käytettävä formaldehydihartsit voi herkistää ihoa ja hengitysteitä. Mineraalivillaeristeissä kuitujen nimellispaksuus on kuitujen valmistusprosessista riippuen noin 3 - 20 µm. Merkittävin osa villapölystä jää ylempiin hengitysteihin. [1.], [2.]

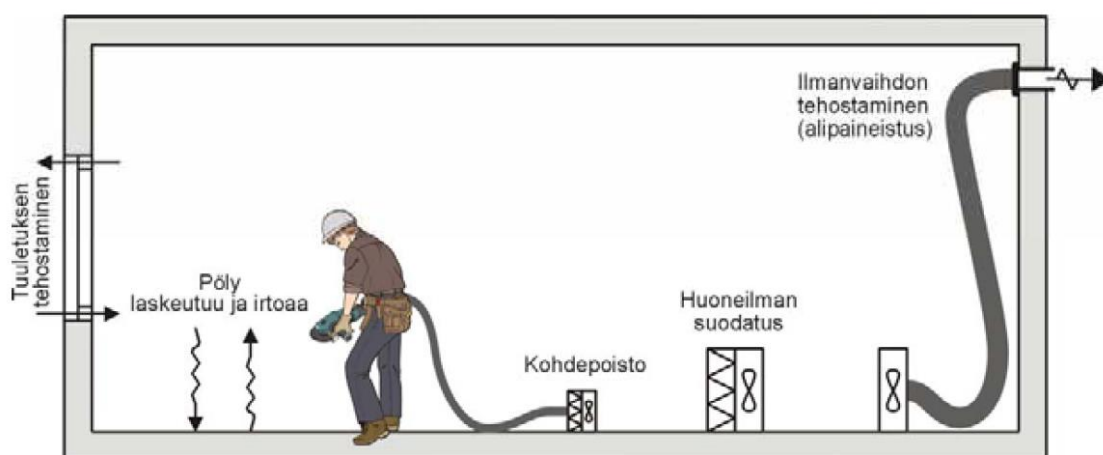
Asbestikuidut ovat ohuita, sekä ne pääsevät yleensä keuhkorakkuloihin asti. Terveydelle kaikki asbestilajit ovat vaarallisia. Altistuminen asbestipölylle voi aiheuttaa asbestoosia, keuhkosyöpää, keuhkopussin syöpää, hyvänlaatuisia keuhkopussin paksuuntumia sekä eräitä muita sairauksia ja keuhkomuutoksia. Tupakointi edesauttaa asbestin aiheuttamaa keuhkosyöpäriskiä. Sairaudet, joita asbesti aiheuttaa, ilmenevät yleensä vasta pitkän ajan kuluttua. Viive voi olla 10 - 50 vuotta. [1.]

Täsoitteet, liimat sekä erilaiset maalit voivat mahdollisesti aiheuttaa ärsytys- ja pahoinvointioireita, allergista nuhaa ja jopa astmaa. Lisäksi vuosien altistuminen eri liuotainaineille voi aiheuttaa jopa hermostovaurioita. [1.]

Ihmiselle mikrobit voivat aiheuttaa mahdollisesti erilaisia ärsytys- ja yleisoireita, allergisia sairauksia, infektoita sekä toksisia vaikutuksia. Rakennustyöntekijöiden hengitysoireet lisääntyvät tutkimusten mukaan huomattavasti rakenteiden purkutöiden aikana. Mikrobin aiheuttamia oireita ovat tyypillisesti nuhaoireet, äänen käheys, nenäverenvuoto sekä silmäoireet. [1.]

2.12 Hiukkaspitoisuuteen vaikuttavat tekijät

Sisäilman hiukkaspitoisuuteen vaikuttaa työkaluihin liitetyn kohdepoiston tehokkuus, työkohteeseen sijoitettu huoneilmasuodatin sekä työkohteen tehostettu ilmanvaihto alipaineistuksen avulla. Kuvassa 5 on kuvattu pölypitoisuuksiin vaikuttavia tekijöitä. [2.]



Kuva 5. Työkohteessa rakennuspölyyn vaikuttavia tekijöitä [2.]

Työmaan pölykuormitusta on tehokkainta vähentää käyttämällä esivalmistettuja komponentteja sekä keskittää vaikkapa sahatavaran katkaisu sellaiseen paikkaan, missä puupölyn leviäminen on helpommin hallittavissa kuin itse työkohteessa. Työmenetelmien valinnalla on suuri merkitys pölyn syntymiseen. Työpisteiden jatkuvalla siivouksella pystytään vähentämään pölyn syntymistä ja lisäämään työpaikan siisteyttä. Lisäksi oikein mitoitettulla sekä kunnossa olevilla kohdepoistolaitteilla saadaan siepatuksi suurin osa pölystä. Kuvassa 6 sivulla 14 on hiomakoneeseen liitetty kohdepoisto hiontapölyn vähentämiseksi. [2.]



Kuva 6. Kohdepoistolla varustettu hiomakone.

2.13 Pölyntorjunta

Pölyntorjunta toteutetaan ensisijaisesti estämällä pölyn muodostuminen valitsemalla vähemmän pölyä tuottava työmenetelmä. Valinnan jälkeen pyritään pölyn syntymistä vähentämään esimerkiksi pölynsidontamenetelmillä, joilla pöly sidotaan mahdollisimman läheltä pölyn syntykohtaa. Kaikkea pölyn muodostumista ei kyetä aina estämään, jolloin sen leviämistä työmaa-alueella tulee pystyä rajamaan kohdepoistojen avulla. Työntekijän altistumista tulee rajoittaa ajan sekä paikan suhteen, kuten esimerkiksi työkierrolla sekä rajoittamalla mahdollisten muiden työntekijöiden työskentelyä remontoitavissa tiloissa. Työmaa-alueen ulkopuolelle leviävä pöly rajataan osastointi- ja alipaineistusmenetelmällä. Kuvassa 7 sivulla 15 on rakennettu pölyä eristävä osastointi, joka on varustettu alipaineistajalla. Kun muiden keinojen

avulla ei pystytä välttämään pölylle altistumista, niin työntekijöiden on pidettävä henkilökohtaisia pölysuojaimia terveyshaittojen ehkäisemiseksi. Kuvassa 8 sivulla 16 on esitetty pölyntorjunnan periaatteita. [1.]

Pölynhallintaan ja suojaukseen panostaminen voi urakoitsijan näkökulmasta aiheuttaa ylimääräisiä alkukustannuksia. Todellisuudessa pölynhallintaan panostaminen alkuvaiheessa säästää kustannuksia hankkeen aikana. Urakka-alueen ulkopuolelle leviävän pölyn estämisellä säästetään siivouskustannuksissa, sekä tiloissa toimivien käyttäjien viihtyvyys paranee, kun sisäilman laatu pysyy hyvänä. Tämä lisää myös positiivista suhtautumista korjausrakentamista kohtaan. Työnjohdon asenteella pölynhallintaan on merkitystä, mikä vaikuttaa huomattavasti myös työntekijöiden asenteeseen ja suhtautumiseen pölynhallinnassa. Nämä asiat vaikuttavat yleensä työmaan ilmapiiriin, millä on lisäksi vaikutusta taloudelliseen lopputulokseenkin. [9.]



Kuva 7. Työkohteeseen on rakennettu pölyn leviämisen estämiseksi osastointi, joka on varustettu alipaineistuksella.

RAKENNUSTYÖMAAN PÖLYNTORJUNNAN PERIAATTEET

Korjausrakentaminen

Uudisrakentaminen

Pölyämättömien työmenetelmien valinta	Pölyn syntymisen estäminen	Pölyämättömien raaka-aineiden, materiaalien ja työmenetelmien valinta
Osastointi ja alipaineistus Sulkutila Kohdepoisto Märkämenetelmät Riittävä yleisilmanvaihto Työmaan siistiminen Kynnysmatot kulkureiteillä	Pölyn leviämisen estäminen	Kohdepoisto Riittävä yleisilmanvaihto Tehostettu tuuletus Paikoittainen osastointi ja alipaineistus (esim. laastin sekoistuspiste) Työmaan siistiminen Eri vaiheissa etenevien työkohteiden erottaminen (esim. kerrokset)
Opastaminen ja koulutus Töiden vaiheistus Altistuvien työntekijöiden minimointi	Altistumisen välttäminen	Opastaminen ja koulutus Töiden vaiheistus Altistuvien työntekijöiden minimointi
Oikeanlaisen suojaimen valinta altisteen mukaan	Henkilökohtainen suojautuminen	Oikeanlaisen suojaimen valinta altisteen mukaan

Kuva 8. Rakennustyömaan pölyntorjunnan periaatteet. [1.].

2.14 Pölyn syntymisen estäminen

Pölyn muodostumista pystytään vähentämään, kun valitaan vähemmän pölyä synnyttäviä työmenetelmiä sekä käytetään vähemmän pölyäviä raaka-aineita tai materiaaleja. Esimerkiksi leikkaustyössä sahaavat menetelmät voidaan joissakin tapauksissa korvata katkaisumenetelmillä. Koteloinnilla voidaan estää kuiva-aineen pöllähdys laastinvalmistuksessa sekoitusastian päälle sijoitetulla kotelolla. [1.], [2.]

2.15 Kohdepoistot ja märkämenetelmät

Epäpuhtaudet poistetaan kohdepoiston avulla muodostumispaikaltaan heti ennen kuin ne leviävät hengitysvyöhykkeelle. Pölyn poisto-ominaisuuksien kannalta kohdepoistolaitteet ovat usein tehokkaita kyseiseen käyttötarkoitukseen. Kohdepoistolaitteet jaotellaan korkeaja matalapaineisiin kohdepoistoihin, laitteiden muodostaman alipaineen mukaan. Korkeapaineisessa kohdepoistolaitteessa käytetään esierottimella sekä mikrosuodattimella varustettuja liikuteltavia rakennusimureita tai mahdollisesti keskuspölynimurijärjestelmää. Kohdepoisto on mahdollista usein liittää purkutyössä käytettävään työstökoneeseen, kuten sahoihin, sirkkeleihin, jyrsimiin sekä hiontalaitteisiin. Matalapaineisessa kohdepoistossa sijoitetaan kohteen välittömään läheisyyteen mikrosuodattimella varustettu ilmanpuhdistaja, joka on yhdistetty karkeasuodattamiseen pölynkerääjään, johon pöly kerääntyy. Kohdepoistoon on myös mahdollista käyttää osastoinnin alipaineistukseen sekä ilmanpuhdistukseen suunniteltuja laitteita. Tässä poistoilma johdetaan pois työskentelytilasta muovisen poistoputken tai muovisukan avulla. [1.], [2.]

Veden käyttö vähentää huomattavasti pölyn määrää verrattuna kuivana tapahtuviin työmenetelmiin. Pölyn leviämisen estämiseksi ympäröivään ilmaan kostutus pitää kohdistaa pölyn syntymispisteeseen. Työstömenetelmästä syntyvät hiukkaset kiinnittyvät kosteuden vaikutuksesta toisiinsa muodostaen suurempia hiukkasia, jolloin hiukkaset menettävät kykynsä leijua ilmassa. [1.]

Vettä voidaan myös käyttää pölyntorjuntaan kastelemalla pölyävä materiaali vedellä ennen kuin sen käsittely aloitetaan. Jos kastelua kuitenkin ei voida toteuttaa, niin on mahdollista

käyttää pölyntorjuntakeinona vesisumutusta. Vesi hajotetaan vesisumutuksessa pieniksi sumupisaroina, jolloin vaikutuspinta-ala on mahdollisimman suuri. [1.]

Turvallisuuden kannalta vedenkäyttö ei ole aina suositeltavaa. Kosteita menetelmiä käytettäessä piilee sähköiskun vaara. Vettä ei voi käyttää kylmissä olosuhteissa jäätymis- ja liukastumisvaaran takia. Lisäksi vesi joka on sitonut pölyn, muuttuu lietteeksi mikä lisää liukastumisriskiä. Veden käytöstä voi myös aiheutua muutoksia materiaaleihin, ja se voi pahimmillaan johtaa rakenteiden vahingoittumiseen sekä mahdollisiin mikrobivaurioihin, varsinkin jos rakenteiden ei anneta kuivua käsittelyn jälkeen riittävästi. Kuivunut liete aiheuttaa myös pölyä, jolloin lietteen poisto on tärkeää lietteen ollessa vielä märkää pölyhaittojen välttämiseksi. [1.]

Kohdepoistojen sekä märkämenetelmien käyttö alentaa huomattavasti pölypitoisuuksia, mutta silti epäpuhtauksille altistuminen voi mahdollisesti ylittää raja-arvot. Timanttisahausta on yksi yleisimmistä menetelmistä, jossa käytetään syntyvän pölyn sitomiseen vettä. Vettä ei kuitenkaan myöskään timanttisauhauksessa voida käyttää pakkasella, jolloin on käytettävä pölynpoistolla varustettuja timanttisahoja. [1.]

Laitteiden pölynpoistotehokkuuteen kohdepoistossa vaikuttaa merkittävästi laitteiden kunto. Laitteiden kunnossapidon merkitys vaikuttaa oleellisesti siihen, että laitteet toimivat oikein ja tehokkaasti. Lisäksi laitteiden käyttäjien on osattava käyttää laitteita oikein ja niihin soveltuvissa paikoissa. [1.], [2.]

2.16 Yleisilmanvaihto ja puhdistajat

Korjauskohteen yleisilmanvaihtoa tehostamalla voidaan työmaa-alueen pölypitoisuuksia vähentää huomattavasti. Kohteesta imetään ilmaa poistoilmalaitteella, joka on varustettu pölysuodattimella. Tilasta pois johdettava poistoilma vietään muovisukan tai putken avulla ulkoilmaan. Tämä menetelmä ei kuitenkaan yksinään ole yleensä riittävä pölyaltistumisen vähentämiskeino. [1.]

Työmaa-alueella voidaan myös käyttää ilmanpuhdistimia, jotka kierrättävät pölyistä ilmaa suodattimen läpi palauttaen ilman takaisin työskentelytilaan. Mikäli ilmanpuhdistimia käytetään, niin niitä käytetään huonekohtaisesti. Riittävän suurilla ilmavirroilla saavutetaan ilmanpuhdistimilla lähes yhtä hyvät tulokset pölynhallinnassa kuin kohdepoistollakin. Ilmanpuh-

distajat soveltuvat kuitenkin parhaiten vähemmän pölyävien työvaiheiden ilmanpuhdistukseen. [1.]

2.17 Osastointi ja alipaineistus

Osastoinnilla tarkoitetaan korjattavan tilan ilmanvaihdesta erottamista ympäröivistä tiloista korjaustyön ajaksi. Osastointi on mahdollista toteuttaa käyttämällä hyväksi esimerkiksi rakennuksen huonejakoa sekä tilapäisillä kestäville ja pölytiivuilla suojaseinillä. Osastoinnissa on kuitenkin otettava myös huomioon kaikki mahdolliset ilmatieyhteydet, kuten esimerkiksi alaslasketun katon yläpuoliset tilat, joista pöly voi levitä ympäröiviin tiloihin, sekä mahdolliset muut näkymättömissä olevat vuotoreitit. Materiaalien sekä jätteen poiskuljetuksen aikana tulisi osastoinnin yhteyteen rakentaa välitila tai sulkutila pölyn leviämisen estämiseksi. Välitilan kautta kulkemalla pystytään vähentämään pölyn leviämistä puhtaalle puolelle. [1.], [2.]

Muovikalvosta voidaan rakentaa tilapäisiä osastointiseiniä yksinkertaisimmin kiinnittämällä muovikalvo olemassa olevaan rakenteeseen esimerkiksi teippaamalla. Suojaseinä on myös mahdollista toteuttaa pingottamalla muovi puurimoilla tai tangoilla katto- ja lattiarakenteiden väliin. Reunat on yleensä kuitenkin tiivistettävä teippaamalla kiinni rakenteisiin. Lisäksi reunat on mahdollista tiivistää solumuovilla, jos seinään on mahdollista ruuvata rima, jonka väliin solumuovi laitetaan. Tätä osastointimenetelmää käytetään yleisesti lyhytaikaisiin suojauksiin. Mikäli osastointia tarvitaan pidemmäksi ajaksi, niin suojaseinärakenne toteutetaan puurunkoisena, joka kiinnitetään mekaanisesti olemassa olevien rakenteisiin. Puurungon ympärille kiinnitetään muovikalvo laittamalla muovikalvon reuna puun ja pysyvän rakenteen väliin. Saumojen tiivistäminen tapahtuu teippaamalla. [1.]

Pölyn leviämisen estämiseksi osastoinnista oviaukkojen kulkuaukot suojataan ympäröiviin tiloihin. Yksi mahdollisuus on saavuttaa pölytiiviyys kaksinkertaisella muovituksella, joihin viilletään läpimenoaukko. Lisäksi kulkuaukkoihin pystytään rakentamaan tilapäinen muovirakenteinen ovi. Nykyään on saatavana erilaisia vetoketjullisia pölyovia, jotka kiinnitetään osastoinnin muovikalvoon teippaamalla. Yleensä pölyovia on mahdollista hyödyntää useamman kerran. Kuvassa 9 sivulla 20 osastointi on toteutettu tiiviillä muoviseinillä, joissa on sulkutila muoviseinien välissä. [1.]



Kuva 9. Remontoitavassa tilassa osastointi on toteutettu kahdella pölytiivillä muoviseinällä, jossa seinien välissä on sulku-tila.

Yleensä pelkkä osastointi on riittämätön pölynaltistumisen vähentämiskeino. Osastoinnin alipaineistamisella saavutetaan pölynhallinnassa paras hyöty, kun osastoitu tila saatetaan alipaineiseksi, jolloin ilmavirrat puhtaasta tilasta ovat osastoituun tilaan päin. Osaston alipaineistuksessa poistettava ilma työskentelytilasta johdetaan suodattimen kautta yleensä ulkoilmaan. [1.]

Alipaineistajan likaantumisen vuoksi olisi alipaineistaja hyvä sijoittaa osastoidun tilan ulkopuolelle. Esimerkiksi purkutilaan voidaan johtaa imuletku, joka läpiviennin kohdasta tiivistetään teippaamalla. Alipaineistus korjattavaan tilaan on toteutettava riittävän tehokkailla alipaineistajilla. Alipaineistus pitäisi mitoittaa purkutyössä siten, että ilmanvaihtuvuus olisi 6 - 10 1/h. [1.].

Poistoilma voidaan puhdistaa joko hieno- tai HEPA-suodattimilla. Käytettäessä alipaineistajaa, joka on varustettu hienosuodattimella, tulee poistoilma aina johtaa ulkoilmaan. HEPA-suodattimella varustetun alipaineistajan poistoilma on mahdollista johtaa myös ympäröivään ilmaan. Kuvassa 10 alipaineistajan poistoilma kuljetetaan haitariputkella sekä muovisukalla ulkoilmaan. [1.]



Kuva 10. Alipaineistajan poistoilman johtaminen ulkoilmaan haitariputken sekä muovisukan avulla.

Pölyntorjunnassa sekä osastoinnissa täytyy ottaa myös huomioon tilojen paloturvallisuus. Palo-osastoinnin yksi tärkeä osa on rakenteiden läpivientien tiivistäminen, jolla pystytään saamaan palonkestävyys aikaa samalla tavalla kuin ympäröivillä rakenteilla. Korjauksen yhteydessä poistettujen läpivietyjen putkien tilalle on tehtävä palokatkot. Samalla tehdyt palokatkot estävät pölyn leviämisen ympärillä oleviin tiloihin. Osastoinnista huolimatta hätäpoistumistiet täytyy järjestää turvallisesti koko korjausrakentamisen ajan. [1.]

2.18 Sulkutila

Kulku osastoon järjestetään sulkutilan kautta pölyn leviämisen estämiseksi muihin tiloihin. Asbesti- sekä mikrobipurkutöissä käytetään kolmiosaista sulkutilaa. Sulkutila on mahdollista rakentaa puurangoista sekä muovikalvosta tai esimerkiksi rakennuslevystä. Jokaisen välisosas-

ton välille tehdään ilman kulun estävät ovirakenteet. Sulkutilassa tulee olla riittävästi tilaa vaatteiden vaihdolle, peseytymiselle sekä imuroinnille. [1.]

2.19 Hengityssuojaimet

Ennen korjausrakentamisen aloittamista työmaalla on arvioitava suojausta vaativat riskit sekä hankitaan työhön tarvittavat suojaimet. Työnjohdolla on velvollisuus huolehtia käytönopastuksesta. Työntekijällä on velvollisuus huolehtia itse henkilökohtaisten suojainten siisteydestä sekä säilytyksestä. [1.]

Henkilökohtaista hengityssuojainta hankittaessa tulee ottaa huomioon suodattimien käyttötarkoitus. Osa suodattimista on yhdistelmäsuodattimia, jotka suodattavat myös kaasumaisia epäpuhtauksia, ja osa suodattimista on pelkästään tarkoitettu hiukkasten suodattamiseen. [2.]

Erilaisia suojaintyyppejä ovat:

- neljännesnaamari, joka peittää nenän sekä suun
- puolinaamari, joka peittää nenän, suun sekä mahdollisesti leuan
- kokonaamari, joka peittää silmät, nenän, suun sekä mahdollisesti leuan
- alipaineiset suojaimet, joissa suojainten käyttäjä imee itse ilman suodattimen läpi
- moottoroidut suojaimet, joissa puhallin imee ilman suodattimen läpi ja syöttää ilman kasvo-osalle
- paineilmakäyttöiset hengityssuojaimet, joissa hengityskelpoinen ilma syötetään kasvo-osalle erillisestä lähteestä. [2.]

Purkutöissä olisi hyvä käyttää aina moottoroitua hengityssuojainta, sillä purkutyön aikainen haitallinen pölypitoisuus ylittyy huomattavasti. Moottoroidussa hengityssuojaimessa moottoriosaa kiinnitetään vyötärölle ja moottoriosassa sijaitsevat ilmaa puhdistavat suodattimet. Moottori puhalttaa suodattimilta puhtaan ilman letkua pitkin kasvo-osalle. Moottoroidussa hengityssuojaimessa on etuna se, että hengitysvastus puuttuu, jolloin hengittäminen on helpompaa. [2.]

Pölylle tarkoitettut hiukkassuodattimet luokitellaan luokkiin FFP1 - FFP3, missä FFP1 suojaa karkealta pölyltä, FFP2 hienopölyltä sekä FFP3 hyvin hienolta pölyltä. FFP3-suojainta on käytettävä silloin, kun suojaudutaan homeilta sekä syöpävaaralliselta pölyltä, kuten esimerkiksi asbestipölyltä. Suurin hengitysvastus on FFP3-suojainluokassa. [1.]

Kertakäyttöisiä sekä puolinaamarillisia FFP1 - FFP2-suojaimia on suositeltu käytettäväksi korkeintaan kaksi tuntia päivässä. Taulukossa 1 on esitetty lyhytaikaisten suojainten käyttöalueita. Pitempää käyttöä vaativissa töissä on oltava moottoroitu hengityssuojain. [1.]

Aktiivihiihi antaa suojan tietyiltä kaasumaisilta yhdisteiltä, kuten esimerkiksi liuotinhöyryiltä. Tehokkuutensa mukaan aktiivihiihisuodattimet jaotellaan teholuokkiin A1 ja A2. [1.]

Taulukko 1. Lyhytaikaisnaamareiden hiukkassuodattimien luokitus, käyttöalueet sekä suojausteho. [10.]

Luokka	Käyttöalueet	Suojaa
FFP1	Tekstiili-, kaivos-, rakennus-, rauta- ja terästeollisuus sekä puuntyöstö (ei lehtipuuaines)	Seuraavien aineiden pöly ja sumu: kalsiumkarbonaatti, sementti, rikki, lasivilla sekä kasvi- ja mineraaliöljyt
FFP2	Tekstiili-, kaivos-, rakennus-, rauta- ja terästeollisuus sekä puuntyöstö	Seuraavien aineiden pöly ja sumu: kalsiumkarbonaatti, natriumsilikaatti, lasikuitu, hiili sekä kasvi- ja mineraaliöljyt
FFP3	Tekstiili-, kaivos-, rakennus-, rauta- ja terästeollisuus sekä puuntyöstö	Seuraavien aineiden pöly ja sumu: kalsiumkarbonaatti, lasivilla, natriumsilikaatti, Öljysumut sekä aerosolisumut

3 SISÄYMPÄRISTÖ

3.1 Hyvä sisäilmasto

Sisäilma on sisätiloissa hengitettävä ilma, jossa ilman perusosien lisäksi saattaa olla eri lähteistä peräisin olevia kaasumaisia ja hiukkasmaisia epäpuhtauksia. [11.]

Sisäilma koostuu rakennuksen rakenteiden ja sisustusmateriaalien, ulkopuolisen ympäristön, ilmanvaihdon- ja lämmityslaitteiden ja ihmisen toimintojen yhteisvaikutuksesta. [11.]

Sisäilmasto muodostuu sisäilmasta ja siihen vaikuttavista fysikaalisista tekijöistä. Sisäilmasto-tekijöitä:

- kaasumaiset yhdisteet sisäilmassa
- hiukkasmaiset epäpuhtaudet sisäilmassa
- lämpötila
- kosteus
- ilman liike
- säteily
- valaistus
- melu [11.]

Hyvän sisäilman tunnusmerkit ovat puhdas ja raikas ilma, vedottomuus, sopiva lämpötila ja ilman kosteus, sopiva valaistus sekä meluttomuus. Näiden kriteerien edellytyksenä, jotta ne täyttyvät, tulee rakennuksessa olla toimivat rakenteet sekä toimivat ilmanvaihto- ja lämmityslaitteet. [11.]

Hyvällä sisäilmalla on vaikutusta viihtyvyyteen ja terveyteen, mutta sillä on vaikutusta myös työpaikoilla työn tuottavuuteen. Toimistotyössä esimerkiksi paljon hiilidioksidia sisältävässä

tunkkaisessa ilmassa ihmisen tuottavuus heikkenee. Hyvällä sisäilmalla on jo kansantaloudellisestikin merkitystä. [11.]

Hyvä sisäilman laatu voidaan myös määritellä käyttäjien kokemuksen avulla. "Sisäilma on laadullisesti hyvää, kun tilaa käyttävät ovat sisäilmaan tyytyväisiä eikä siitä aiheudu terveyshaittoja." [12, s. 16.]

Huono sisäilman laatu ei ainoastaan vaikuta poissaoloihin, vaan heikentää huomattavasti työtehoa, työssä viihtymistä, alentaa työmotivaatiota, lisää tarpeettomia huhuja, huolia ja juoruilua. Hankalien sisäilmaongelmien yhteydessä normaalit työpaikan rutinit katkeavat. [12, s. 17.]

Sisäilmasta on periaatteessa kaksi määritelmää. Sisäilmaksi katsotaan kaikki se ilma, joka sijaitsee rakenteiden rajaamalla alueella. Tässä tapauksessa teollisuushallit, karjasuojat, varastot ja urheiluhallit sisältäisivät sisäilmaa asuntojen, koulujen ja toimistojen lisäksi. Toinen suppeampi määritelmä, joka rajaa sisäilman käsittämään sellaiset tilat, joissa ei ole tuotannollisesta tai muusta poikkeavasta toiminnasta johtuvaa päästöä. [12, s. 15–16.]

Sisäilmasto koostuu monesta tekijästä, jotka on otettava huomioon jo korjausrakentamisen hankesuunnitteluvaiheessa. Tässä vaiheessa määritellään sisäilmastolle vaadittavat laatutasot. Tärkeimpinä tekijöinä hyvän sisäilmaston laadun saavuttamiseksi ovat suunnittelu, materiaallivalinnat sekä itse rakentaminen. Sisäilmaston laatu varmistetaan rakennuksen käytön aikana hyvällä ja oikein ajoitetulla huollolla sekä kunnossapidolla. [11.]

3.2 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdon tehtävänä on tuoda sisätiloihin puhdasta ilmaa sekä poistaa likaista ilmaa. Toimivan ilmanvaihdon tarkoituksena on ylläpitää sisätiloissa terveellinen sekä viihtyisä sisäilma. Hyvä ilmanvaihto on vedoton, meluton ja tarvittaessa säädettävissä. Ilman laadulle pystytään asettamaan useita eri vaatimuksia, jotka riippuvat tilojen käyttötarkoituksesta sekä siellä tapahtuvasta toiminnasta.

Vaatus voi lähteä

- ihmisistä sekä tilan toiminnasta
- rakenteiden asettamista vaatimuksista
- tilassa tapahtuvasta työprosessista sekä laitteista.

Väärin suunniteltu sekä toteutettu ilmanvaihto saattaa aiheuttaa terveyshaittaa. Ilmanvaihdon riittämättömyyden seurauksena sisäilman hiilidioksidipitoisuus kohoaa, mistä aiheutuu tunkkaisen ilman tunnetta, väsymystä, päänsärkyä sekä keskittymiskyvyn alenemista. Ilmanvaihto voidaan toteuttaa rakennuksissa joko painovoimaisesti tai koneellisesti. Aina 1960-luvulle asti rakennuksissa oli lähes poikkeuksetta painovoimainen ilmanvaihto, jolloin koneellinen poistoilmanvaihto alkoi tehdä tuloaan. 1980-luvulla alkoi yleistyä koneellinen tulo-poistoilmanvaihto. Nykypäivänä lähes poikkeuksetta kaikki rakennukset toteutetaan koneellisella tulo-poistoilmanvaihdoilla. [13, s. 160–163.], [14.], [15.]

3.2.1 Painovoimainen ilmanvaihto

Ilman vaihtuminen painovoimaisessa ilmanvaihdoissa perustuu lämpötilaeroista syntyviin tiheyseroihin ulko- ja sisäilman välillä sekä myös tuulen vaikutuksesta. Sisätiloihin ulkoilma tulee korvausilmaventtiilien kautta hallitusti ja hallitsemattomasti rakennuksen vaipan epätiivetyyskohtien kautta. Painovoimaisen ilmanvaihdon ongelmana on se, ettei ilma virtaa hormissa silloin, kun lämpötilaero on pieni. Kesäaikana tämä heikentää ilmanvaihtoa huomattavasti. [13, s. 167–168.], [14.]

3.2.2 Koneellinen poistoilmanvaihto

Poistoilmanvaihtoa pystytään tehostamaan koneellisesti, minkä ansiosta kanavia saadaan pienemmiksi sekä niitä voidaan sijoittaa vapaammin kuin painovoimaisessa ilmanvaihdoissa. Raitisilma tuodaan rakennukseen hallitusti korvausilmaventtiilien kautta, jotka on yleensä sijoitettu ikkunoiden päälle. Lisäksi raitisilmaa tulee rakennuksen vaipan epätiivetyyskohtien kautta. Tämä aiheuttaa helposti vetoa, koska ilma tulee lämmittämättömänä vuotokohdista. Ongel-

mana on myös se, että kun tunnetta yritetään pienentää tukkimalla tai pienentämällä korvausilmaventtiileitä, niin ilmapuotojen määrä vaipan epätiiveyskohdissa kasvaa ja se voi tuoda lisää epäpuhtauksia sisäilmaan. [13, s. 169–170.]

3.2.3 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto

Koneellinen tulo- ja poistoilmalaitteisto asettaa rakennuksen vaipalle tiiveysvaatimuksia, että se saavuttaisi parhaan hyödyn energiataloudellisestikin ajateltuna ja ilmanvaihto olisi hallittua. Huoneistoissa voi olla oma koneellinen tulo- ja poistoilmalaitteisto, tai laitteisto voi olla rakennuskohtainen hallittu ilmastointijärjestelmä. Laitteisto on varustettu yleensä lämmön talteenotolla, missä viileä tuloilma lämmitetään lämpimällä poistoilmalla. Poistoilma ei yleisesti riitä lämmittämään tuloilmaa sopivan lämpöiseksi sisäympäristöön, vaan lämmön talteenoton jälkeen on jälkilämmityspatteri, jossa tuloilma lämmitetään haluttuun lämpötilaan. Koneellisella tulo- ja poistoilman laitteistolla on pystytty vähentämään vuotoilman määrää ja sen mukana tulevia epäpuhtauksia sisäilmaan. Ongelmana on kuitenkin toimistorakennuksissa se, että talvella ritilöiden kautta tulokammioon pääsee tuiskulumi, joka kastelee ja tukkii suodattimet. Lisäksi kosteus voi antaa pohjan mikrobikasvustolle. [12, s. 34.], [13, s. 171–173.]

3.2.4 Ilmanvaihdon käyttö ja huolto

Hyvän sisäilman toteutumisen edellytyksenä on, että rakennusta ja sen taloteknisiä laitteita käytetään oikein. Tämä pystytään varmistamaan riittävän ammattitaitoisella huoltohenkilökunnalla, laitekohtaisella käyttö- ja huoltosuunnitelmalla sekä käyttäjäkoulutuksella. Laitteiden toimintaa pitää valvoa säännöllisesti tarkastuksilla sekä myös opastaa riittävästi tilojen käyttäjiä ilmanvaihtolaitteiden käytöstä ja kertoa laitteiden toimintaperiaatteesta. Energiansäästö sisäilman laadun kustannuksella ei ole hyväksyttävää. [12, s. 176.]

Ilmanvaihtokoneiden hygieniä on tärkeä huomioida ja pitää tämä asia kunnossa, koska tällä taataan laadukas sisäilma tilojen käyttäjille. Suodattimet tulee vaihtaa määräajoin tai tarvittaessa suodattimien tukkeutuessa. Ilmanvaihtokoneet luovat helposti mikrobeille hyvän kasvualustan varsinkin, jos kanavistoon pölyn lisäksi pääsee kosteutta. Kosteutta kanaviin voi kertyä kylmissä tiloissa, kuten ullakotiloissa, joissa lämmin ja kostea ilma tiivistyy kanavan pin-

taan. Lisäksi pölyn kertyminen kanavistoon lisää palokuormaa. Pölyn kertyminen kanavistoon on suurinta kanavien haaroissa ja mutkissa. Kuvassa 11 on nähtävissä pölyn kertymistä kanavistoon. [12, s. 176–178.]



Kuva 11. Pölyinen ilmanvaihtokanava.

3.2.5 Suodattimet

Tuloilmasuodattimien tarkoitus on poistaa ilmasta hiukkasmaiset epäpuhtaudet ennen kuin se johdetaan huoneilmaan. Tällä taataan puhdas ilma käyttäjille. Suodattimien ominaisuuksille sekä erotuskyvyille on omat vaatimukset. Yleisen viranomaisvaatimuksen mukaan tuloilmasuodattimen luokka on oltava vähintään F7 liike-, toimisto-, palvelu- ja asuinrakennuksissa. Tämä suodatinluokka on tarkoitettu kaupunkipölyn suodattamiseen. Kuitenkin tämä suodatinluokka on melko tehoton nanoluokan pienhiukkasiin, joille olisi syytä tarvittaessa valita tehokkaampi suodatin. Taulukossa 2 sivulla 29 on esitetty ilmansuodattimien luokat. Suodattimille on myös puhtausluokka erotteluasteen lisäksi. M1-puhtausluokkaan kuuluvat kaikki luokitellut suodattimet Rakennustietosäätiö on laatinut valintaperusteet sekä perustiedot suodatinluokista, millä pyritään helpottamaan suodattimen valintaa. [16.]

Toisaalta on myös tiloja, joissa normaalit määräystenmukaiset tuloilmasuodatinluokat eivät riitä. Tällaisia tiloja voivat olla esimerkiksi sairaaloiden leikkaussalit, laboratoriot sekä erilaiset

puhdastilat. Tällaisissa tapauksissa käytetään HEPA-suodattimia, joilla on huomattavasti parempi suodatuskyky normaaleihin tuloilmasuodattimiin verrattuna. [17.]

Taulukko 2. Ilmansuodattimien luokat. [17.]

Pöly	Suodatinluokka	Erotteluaste
Siitepölysuodattimet	F5+M1/F6+M1	Hienosuodatin, joka erottaa vähintään 20 % yli 1,0 µm hiukkasista
Kaupunkipölysuodattimet	F7+M1	Hienosuodatin, joka erottaa vähintään 80 % yli 1,0 µm hiukkasista ja vähintään 50 % yli 0,4 µm hiukkasista
Pienhiukkassuodattimet	F8+M1/F9+M1	Hienosuodatin, joka erottaa vähintään 90 % yli 1,0 µm hiukkasista ja vähintään 70 % yli 0,4 µm hiukkasista

3.3 Fysikaaliset tekijät

Fysikaaliset tekijät, jotka vaikuttavat sisäilman laatuun, ovat lämpötila, kosteus, melu, veto, valaistus ja radon. Fysikaaliset tekijät, kuten ilman kuivuus, korkea lämpötila sekä heikko valaistus, voivat olla myös syynä rakennuksessa esiintyvään oireiluun. [12, s. 35.], [18, s. 113]

3.3.1 Lämpötila

Sisätilojen lämpötila vaikuttaa viihtyvyyteen sekä ihmisen toimintakykyyn hyvin paljon ja samalla on sisäilman tärkein laatutekijä. Tyytyväisyys lämpötilaan johtuu kuitenkin monesta eri seikasta. Laitteiden sekä sisäpintojen säteilylämpötila vaikuttaa lämpötuntemuksiin sekä läm-

pövihihtyvyyteen. Lämpötilatuntemuksiin vaikuttavat vaatetus, ilman suhteellinen kosteus, ilmapirran nopeus sekä ihmisen oman kehon lämmön tuotto. Joissakin tutkimustuloksissa on havaittu yhteys eri oireiden ja ilman lämpötilan välillä. Tutkimuksen mukaan yli 22 °C lämpötilassa esiintyy enemmän kuivuuden aistimuksia sekä erilaisia ihon, silmien ja hengitysteiden limakalvojen oireita sekä myös päänsärkyä ja väsymystä. [12, s. 35.], [19, s. 84.]

3.3.2 Veto

Veto voi heikentää toimintakykyä ja aiheuttaa viihtyvyyshaittaa. Lisäksi veto voi lisätä tuki- ja liikuntaelinsairauksien oireita. Vedon tunne syntyy, kun lämpö siirtyy iholta pois. Vedon tunne on hyvin yksilöllistä. Paljaana olevat kehon osat, kuten nilkat, niska sekä pää, ovat herkkiä vedon tunteelle. Lisäksi kylmä pinta, esimerkiksi ikkuna, tehostaa lämmön siirtymistä iholta ja lisää vedon tuntemusta. Haitta, joka vedosta aiheutuu, riippuu ilman nopeudesta sekä sen lämpötilasta. Vedontuntemukselle herkkyys kasvaa heti, kun ilman lämpötila laskee alle 20 °C:n. Veto ei kuitenkaan sinällään aiheuta rakennuksissa sairauksia. Myös ilmanvaihto voi aiheuttaa vedon tunnetta. Tiloja muunneltaessa tai huonejärjestystä muutettaessa ilmapirtojen suunnat voivat muuttua, mikä lisää vedon tunnetta. [12, s. 36.], [13, s. 20.], [19, s. 91.]

3.3.3 Kosteus

Ilman kosteus ilmoitetaan yleensä suhteellisena kosteutena. Vaikka ihmisellä ei olekaan erityistä aistia kosteuteen, niin silti sisäilman kosteus vaikuttaa ihmiseen. Alhaiset ja korkeat kosteudet ovat aistittavissa epämääräisinä tuntemuksina hengityselimissä, limakalvoilla sekä iholla. Yleensä kuiva ilma ärsyttää ihoa ja limakalvoja. Talvella sisäilman kuivuus aiheuttaa yleisesti toimistotyöntekijöille sisäilmastohaittaa. Kuiva sisäilma lisää myös pölyisyyttä, joka lisää limakalvojen ärsytysoireita. Sisäilman alhaista suhteellista kosteutta on pyrittävä välttämään vähentämällä liian korkeita huonelämpötiloja. Kosteampi ilma koetaan paljon miellyttävämmäksi, mutta ilman kostuttamiseen liittyy kuitenkin myös riskejä. Liiallinen kosteus edesauttaa mikrobien sekä homeitiöiden kasvua huoneilmassa. Tämän riskitekijän vuoksi ilmastoinnin kautta tapahtuvaa ilman kostutusta ei tule käyttää, koska se voi aiheuttaa enemmän terveydellistä haittaa kuin hyötyä. Sisäilman liiallinen kosteus johtuu yleensä ihmisen omasta toiminnasta. [12, s. 37–38.], [13, s. 22–25.], [14.]

3.3.4 Melu

Melu, joka rakennuksessa aistitaan haitalliseksi tai häiritseväksi, on yleensä peräisin rakennuksen ulkopuolelta. Etenkin ympäristömelulla on terveysvaikutuksia kuuloon kohdistuvien haittojen lisäksi. Melu aiheuttaa stressiä ja hankaloittaa keskittymiskykyä, mistä johtuen työtahokkuus laskee. Rakennuksen ulkopuolelta tulevaa melua voidaan vähentää erilaisilla ulkovaipan rakennusmateriaali ratkaisulla. Rakennuksen sisällä varsinkin toimistorakennuksissa ilmanvaihtolaitteisto on yksi melua aiheuttava lähde. Sisäympäristön melua pystytään vähentämään oikeilla materiaalearratkaisuilla, hiljaisilla laitteilla sekä sijoittelulla. Lisäksi kun tiloja muunnellaan käyttötarkoituksen mukaiseksi, on myös huolehdittava ilmanvaihdon säätämisestä, millä pystytään vähentämään sisäympäristön ylimääräistä ääntä. [12, s. 38–39.], [19, s.93.]

3.3.5 Radon

Radon on radioaktiivinen jalokaasu. Radonia syntyy radiumin hajoamistuotteena. Radon on sisäilman joukossa yksi salakavalimmista epäpuhtauksista, joka voi aiheuttaa keuhkosityöpää ilman minkäänlaisia tuntemuksia tai aistimuksia, joita voisi jotenkin aistia. Kaasumainen radon palautuu uloshengityksen yhteydessä takaisin sisäilmaan, radonin kiinteät hajoamistuotteet voivat jäädä hengityselimiin pidemmäksi ajaksi. Nämä hajoamistuotteet aiheuttavat säteilyä, minkä seurauksena keuhkosityöpäriski kasvaa. Säteilyasetuksessa 1512/1991 on asetettu työpaikkojen raja-arvot radonpitoisuuksille. Radonpitoisuus ei saa säännöllisessä työssä ylittää arvoa 400 Bq/m³. Radonpitoisuudet on selvitettävä työpaikoilla, joissa työpisteet sijaitsevat maanpinnan tasolla tai osittain maanpinnan alapuolella. Radonpitoisuuden mittaus on hyvä uusissa työpaikassa, jossa on tehty isompia remontteja tai tilojen ilmanvaihtoa on muutettu oleellisesti. Lisäksi mittaus on uusittava, jos lattiarakenteita on avattu vaikka vesivahingon yhteydessä. Mittaus on myös hyvä tehdä uudelleen, jos edellisestä mittauksesta on yli kymmenen vuotta tai edeltävä mittaustulos on ollut lähellä 400 Bq/m³. [12, s. 39.], [20, s. 23.], [21.]

3.3.6 Valaistus

Hyvä valaistus lisää viihtyvyyttä, turvallisuutta, terveellisyttä sekä tuottavuutta. Valaistuksen ominaisuuksia ovat valaistusvoimakkuus, kontrasti, häikäisevyys sekä värintoisto-ominaisuudet. Nämä ominaisuudet vaikuttavat ihmisen näkökykyyn. Silmien rasitusoireet sekä terveyshaitat kuten silmien kuivuminen vähenevät hyvässä valaistuksessa. Riittävän taseisella valaistusvoimakkuudella saadaan hyvä valaistus. Hyvällä ja oikealla valonsuuntauksella on merkitystä, ja tällä saadaan pois turhat varjostumat. Toimisto- tai työtiloissa valaistuksen tulisi olla muunneltavissa työntekijöiden tarpeiden mukaisesti, koska ikääntyneemmät työntekijät tarvitsevat useimmin enemmän valaistusta kuin nuoremmat työntekijät. Tutkimusten mukaan valaistusvoimakkuuden lisäämisellä on vaikutusta myös työn tuottavuuteen. Lisäksi valaistuksen täysremontilla on mahdollista säästää energiaa. [18, s. 116.], [22.]

3.4 Sisäilman kemialliset epäpuhtaudet

Yksi merkittävämmistä sisäilman epäpuhtausryhmistä on kemialliset epäpuhtaudet, jonka lähteinä ovat ulkoilma, rakennuksessa tapahtuva toiminta sekä ihminen. Kemialliset epäpuhtaudet voidaan jakaa orgaanisiin ja epäorgaanisiin yhdisteisiin. Nämä jakautuvat vielä kaasumaisiin ja hiukkasmaisiin epäpuhtauksiin. Merkittävimpiä sisäilman kannalta olevia kaasumaisia epäorgaanisia yhdisteitä ovat hiilidioksidi, häkä, otsoni, rikkidioksidi sekä muut rikkiyhdisteet ja ammoniakki. Kaasumaisia epäpuhtauksia vapautuu myös materiaaleista. Kaasumaisten epäpuhtauksien terveysvaikutukset ovat yleisesti ärsytysoireita. [12, s. 40.], [18, s. 31.]

Sisäilmassa esiintyvät hiukkasmaiset epäpuhtaudet voidaan jakaa kokonsa, terveysvaikutusten sekä alkuperänsä perusteella. Sisäilman kannalta tärkeimmiksi terveysvaikutusten kannalta nousevat biologista alkuperää olevat hiukkaset, kuten mikrobit, sekä erilaiset allergioita aiheuttavat tekijät, kuten kasvi- ja eläinperäiset pölyt. Sisäilmassa pölyn käyttäytyminen riippuu myös pölykappaleiden koosta. Pienemmät pölyhiukkaset jäävät leijumaan ilmaan pitkäksi ajaksi, kun taas suuremmat hiukkaset laskeutuvat lattialle ja muille tasoina nopeasti. [12, s. 40.]

3.4.1 Hiilidioksidi

Ihmisen aineenvaihdunnan tuote on hiilidioksidi. Hiilidioksidi kuuluu kaasumaisiin epäorgaanisiin epäpuhtauksiin. Sisäilmassa hiilidioksidin lähteenä on pääasiassa ihminen itse, mutta kuitenkin osa hiilidioksidista tulee ulkoilmasta sisäilmaan. Sisätiloissa hiilidioksidipitoisuus kohoaa nopeasti, jos ilmanvaihto on puutteellinen tai tilan ihmisten lukumäärä kasvaa tilan ilmanvaihdon mitoitukseen suhteen. Hiilidioksidi korkeina pitoisuuksina aiheuttaa väsymystä, päänsärkyä sekä työtehon alenemista. [12, s. 40.], [18, s. 52.]

3.4.2 Hiilimonoksidi

Hiilimonoksidi eli häkä syntyy hiiltä sisältävien aineiden epätäydellisenä palamisen seurauksena. Pakokaasut ja tupakansavu sisältävät häkää. Hiilimonoksidi kuuluu epäorgaanisiin kaasumaisiin epäpuhtauksiin. Toimistotiloissa ei yleisesti esiinny häkää, mutta sitä on mahdollista johtua vuotoilman mukana kyseisiin tiloihin esimerkiksi alapuolisista parkkihalleista sekä jos läheisyydessä sijaitsee tupakointipaikka. Yleisesti häkä aiheuttaa pieninä määrinä päänsärkyä, mutta voi johtaa myös kuolemaan. [12, s. 41.], [18, s. 53.]

3.4.3 Otsoni

Sisäilmassa otsonin pääasiallinen lähde on ulkoilma. Otsonia joutuu sisäilmaan ulkoilmasta vain pieniä pitoisuuksia. Sisäympäristössä otsonipitoisuus on yleensä pienempi kuin ulkona. Otsoni on kaasumainen epäorgaaninen epäpuhtaus. Suurimpia otsonilähteitä toimistotiloissa ovat paikallisesti kopiokoneet sekä tulostimet. Otsonin terveysvaikutukset ovat yleisesti hengitystieoireita, kuten ärsytysyskää, rintalastan takaista kipua, hengitystoimintojen heikkene mistä sekä tulehdusta hengitysteiden limakalvoilla. [12, s. 42.]

3.4.4 Rikkioksidi ja muut rikkiyhdisteet

Rikkioksidi ja muut rikkiyhdisteet sekä typen oksidit tulevat sisäilmaan yleensä ulkoilmasta. Nämä yhdisteet kuuluvat epäorgaanisiin kaasumaisiin epäpuhtauksiin. Kyseiset yhdisteet ul-

koilmassa ovat pääsääntöisesti peräisin teollisuudesta ja energiantuotannosta. Tosin pieni osa noin 2 %, on peräisin tieliikenteestä. Typen oksidien sisäilman pitoisuudet johtuvat tupakkoinnista, jos se tapahtuu sisätiloissa. Typen oksidit ja rikkiyhdisteet eivät ole sisäilmassa yleensä ongelma. [12, s. 43.]

3.4.5 Ammoniakki

Ammoniakki sisältää typpeä ja vetyä ja esiintyy huoneen lämmössä värittömänä kaasuna, jolla on tunnusomainen haju. Ammoniakki kuuluu epäorgaanisiin kaasumaisiin epäpuhtauksiin. Yleisesti ammoniakkia muodostuu hajoamistuotteena orgaanisia tuotteita sisältävissä rakennusmateriaaleissa, jotka ovat joutuneet kosteudelle alttiiksi. Tyypillisiä rakennustuotteita ovat kaseiinia ja gelatiinia sisältävät seinä-, katto- ja lattiatasoitteet, jotka reagoivat kosteuden vaikutuksesta muodostaen ammoniakkia. Ammoniakilla ei ole suoranaisia terveysvaikutuksia, vaan terveysvaikutukset välittyvät ilmeisesti muiden muodostuvien yhdisteiden kautta. [12, s. 43.], [18, s. 47.]

3.4.6 VOC

Epäorgaanisten kaasumaisten yhdisteiden lisäksi sisäilmassa esiintyy satoja orgaanisia kaasumaisia VOC-yhdisteitä. Nämä yhdisteet jaetaan yleensä neljään ryhmään näiden kiehumispisteiden mukaisesti. Haihtuviksi orgaanisiksi yhdisteiksi kutsutaan niitä yhdisteitä, joiden kiehumispiste on 50 - 100 °C sekä 240 - 260 °C. VOC-yhdisteiden lähteinä tunnetaan sisäilmassa rakennus- ja sisustusmateriaalit, liikenteen pakokaasut, ihmisen toiminta sisätiloissa ja kalusteet. Sisäilmaongelman lähdettä tai syytä ei pystytä pelkästään määrittämään, mutta mittauksen avulla voidaan pyrkiä paikallistamaan ongelman lähde. Sisäilmassa on myös VOC:ien lisäksi muita orgaanisia yhdisteitä, joilla on terveysvaikutuksia. VOC-yhdisteiden yleisiä terveysvaikutuksia ovat silmien ja limakalvojen ärsytys, päänsärky ja hajutuntemukset. Orgaaniseen VOC-alueeseen kuuluvat alkaanit, kuten heksaani, terpeenit, kuten alfa-pieeni, aromaattiset hiilivedyt, kuten bentseeni, klooratut hiilivedyt, kuten trikloorietyleni, alifaattiset aldehydit, kuten heksaani, alkoholit, kuten 2-etyyli-1-heksanoli, esterit ja ketonit, kuten asetoni ja muut yhdisteet, kuten pyridiini. Erityisen tärkeitä rakennus- ja sisustusmateriaaleista peräisin

olevat yhdisteet ovat rakennus- ja ilmanvaihtotekniikan kannalta. [12, s. 43–45.], [18, s. 32–33.]

3.4.7 Formaldehydi

Myös formaldehydi kuuluu orgaanisiin haihtuviin yhdisteisiin. Formaldehydiä vapautuu maa- leista, lakoista, pinnoitteista, liimoista sekä uusista kankaista ja esiintyy ilmassa värittömänä sekä pistävänhajuisena kaasuna. Yksi merkittävä formaldehydin lähde on lastulevy. Formaldehydin vapautuminen korostuu yleensä silloin, kun lämmityskausi alkaa, jolloin sisäilman suhteellinen kosteus laskee. Tällöin esimerkiksi lastulevyyn imeytynyt kosteus haihtuu sisäilmaan kuljettaen mukanaan myös formaldehydiä. Yleiset terveysvaikutukset, joita formaldehydi aiheuttaa, ovat silmä- ja hengitystieärsytys sekä päänsärky ja väsymys. [12, s. 45.], [18, s.41.]

3.4.8 2-etyyliheksanoli

2-etyyliheksanoli kuuluu kemiallisiin yhdisteisiin, ja sitä käytetään pinnoitteiden, liimojen sekä pehmittimien tuotannossa. Lisäksi 2-etyyliheksanolia käytetään liuottimena hartseille, vahoille ja desinfiointiaineille. 2-etyyliheksanolia voi vapautua sisäilmaan liimojen sekä PVC-muovimattojen pehmittimien hajoamisen seurauksena, minkä yleensä aiheuttavat rakenteiden ja materiaalien kosteusongelmat. 2-etyyliheksanoli on myös mikrobivauriota indikoiva yhdiste, ja sitä voi vapautua pieniä määriä myös vaurioitumattomista PVC-materiaaleista primääriemission seurauksena. Kuitenkin on todettu, että nämä vapautuvat 2-etyyliheksanolimäärät eivät yleisesti aiheuta oireita tilojen käyttäjille. [23.]

Vuoden 2006 jälkeen Suomessa valmistetuissa muovimatoissa ei ole saanut käyttää pehmittimiä ollenkaan. Ongelmana tässä on se, että Suomeen on saanut tuoda ja käyttää sellaisia mattoja, joissa pehmittimiä on mahdollisesti käytetty valmistuksen yhteydessä, joten tämä ongelma on mahdollinen myös vuoden 2006 jälkeen rakennetuissa rakennuksissa. [24.]

Sisäilmaan 2-etyyliheksanolia pääsee lattian lisäksi myös muista muovipohjaisista sisustusmateriaaleista, esimerkiksi vinyylitapeteista tai muovipintaisista sähköjohdoista. Merkittäviä 2-etyyliheksanolipäästöjä on mitattu etenkin vinyylitapeteista. Lisäksi mineraalivillan kastumi-

nen sekä sen seurauksena syntynyt mikrobikasvusto aiheuttavat 2-etyyliheksanolipäästöjä sisäilmaan. [23.], [24.]

Emäksiset olosuhteet sekä kosteus käynnistävät kemiallisen reaktion, jonka seurauksena 2-etyyliheksanolia vapautuu sisäilmaan. Kostuessaan betonin emäksinen koostumus luo suotuisat olosuhteet kemiallisen reaktion syntymiseen. Mattoliimojen hajoamiselle kriittinen pH-arvo on 11 - 13. Tälle hajoamisreaktiolle on tyypillistä, että se jatkuu vielä, vaikka kosteuspiitoisuus laskeekin. Mikrobitoiminnan alkamisen yksi edellytys on myös kosteus. *Aspergillus*, *versicolor* sekä sädesienet tuottavat myös 2-etyyliheksanolia kosteus- ja mikrobivaurion seurauksena. [24.]

Muovista sekä liimasta märän betonin pinnalla vapautuva 2-etyyliheksanoli siirtyy myös diffuusion avulla betonihuokosissa. Lisäksi kosteus sekä lämpötilaerot vaikuttavat molekyylien liikkeeseen. Suurin osa kostean betonin pinnalla vapautuvasta 2-etyyliheksanolista vapautuu sisäilmaan. 2-etyyliheksanolia on myös havaittu olevan usean senttimetrin syvyydessä betonihuokosissa, ja maanvaraisessa laattassa sitä on havaittu olevan jopa laatan alapuolisessa maanaineksessa. [23.]

Mikäli tilan sisäilmassa esiintyy 2-etyyliheksanolia, niin se kertyy hiljalleen käyttäjien elimistöön ja aiheuttaa vaihtelevia oireita käyttäjille. Tyypillisimpiä oireita, joita yhdiste aiheuttaa, ovat silmä-, nenä-, kurkku- sekä erilaiset yleisoireilut. Oireiden perusteella ei voi päätellä, onko kyseessä mikrobien vai 2-etyyliheksanolin aiheuttamat oireet, koska molemmissa ne ovat hyvin samantyyppiset. 2-etyyliheksanolin hajukynnyksen ylittyessä se voidaan aistia makeahkona tai imelähkönä hajuna. 2-etyyliheksanolin lähteen poiston jälkeen yhdiste poistuu elimistöstä noin kolmen kuukauden kuluessa. [23.], [24.]

Vaikka 2-etyyliheksanoli on erittäin haihtuva yhdiste, sen havaitseminen sisäilmasta on joskus vaikeaa, erityisesti silloin, kun tilassa on erittäin hyvä ilmanvaihto. Tässä onkin tärkeää, että mittaus suoritetaan siitä materiaalista, jota epäillään oireilun lähteeksi esimerkiksi lattiamateriaalista. Lähteen selvittäminen on tärkeää, että osataan tehdä oikeanlainen korjaussuunnitelma kyseiseen tilaan. [23.], [24.].

3.4.9 Muut sisäilman hiukkasmaiset epäpuhtaudet

Sisäilmassa esiintyy lukuisia biologista alkuperää olevia epäpuhtauksia. Sisäilmaan valtaosan näistä tuottaa ihminen itse. Aivastelu ja yskiminen sekä uloshengitys levittävät ilmaan mikrobeja. Sisäilmassa allergian tärkeimpinä aiheuttajina ovat lemmikkieläimet, joista suurin osa pölystä on peräisin. Vaikka lemmikeitä pidetäänkin kotona, niin silti ihminen kantaa vaatteissaan tätä pölyä työpaikoillensa, missä lemmikkieläimistä peräisin oleva pöly voi aiheuttaa tilojen muissa käyttäjissä allergiaoireita. Sisäkasvit ovat myös yksi mahdollinen allergiaoireiden aiheuttaja sisätiloissa, koska ne keräävät runsaasti pölyä ja niiden kostea kasvualusta luo edellytykset myös mikrobien kasvu. Sisäilmaan kantautuu varsinkin keväisin ihmisen ja ilman mukana siitepölyä, mikä voi aiheuttaa allergisia oireita. [12, s. 47.], [19, s. 40–54.]

Sisäilmassa esiintyy myös muita pienhiukkasia, joista yleisimpinä ovat kuitumaiset hiukkaset. Yksi näistä on mineraalivillasta peräisin mineraalikuidut. Näitä vapautuu sisäilmaan rakennuksen lämmön- ja ääneneristeenä käytettyjen mineraalivillaeristeiden vanhentuessa, kun villan sideaineena oleva hartsi hajoaa. Kuituja voi kulkeutua sisäilmaan akustiikkalevyistä, IV-laitteistojen äänenvaimennuksessa käytettävästä äänenvaimennuseristeestä ja mahdollisten ilmavuotojen mukana seinän lämmöneristeestä. Irtoavat mineraalivillakuidut voivat aiheuttaa ihoärsytystä, sekä kuitumainen lasi voi myös aiheuttaa hengitystieoireita ja ärsyttää silmiä. Toinen kuitu, jota sisäilmassa mahdollisesti voi esiintyä, on asbestikuidut. Suomalaisissa rakennuksissa on vielä runsaasti asbestia. Asbestia on käytetty aina 1980-luvulle asti laajalti eri rakennusmateriaaleissa, kuten lämmöneristeissä, lattiamateriaaleissa, tasotteissa, liimoissa sekä julkisivumaleissa. Asbestista ei rakennuksessa kuitenkaan ole haittaa niin kauan kuin asbestia sisältävä materiaali on ehyt. Asbesti on terveydelle erittäin haitallinen kuitu ja aiheuttaa syöpää. [12, s. 48.], [18, s. 62.]

3.5 Kosteus- ja mikrobivauriot

Rakenteiden kastuminen niin, etteivät ne pääse kuivumaan riittävän nopeasti, josta johtuen rakenteet vaurioituvat kosteuden vaikutuksesta, kutsutaan sitä kosteusvaurioksi. Hyvin pian rakenteiden kastumisen jälkeen materiaaleihin rupeaa ilmaantumaan mikrobeja, kuten homeja hiivasieniä sekä bakteereja, minkä jälkeen kosteusvauriota voidaan kutsua mikrobivauriok-

si. Mahdollisesti, jos rakenteet pääsevät kuivumaan nopeasti, ei mikrobivauriota pääse muodostumaan. [25, s. 61.]

Rakentamisen ja kiinteistönpidon suurimpia laatuongelmia ovat olleet kosteus- ja home ongelmat jo vuosikymmenien ajan. Osa vaurioihin johtaneista ongelmista johtuu jo suunnittelusta. Monesti kriittiset kosteuden hallintaan kuuluvien kohteiden suunnitelmat ovat puutteelliset tai niitä ei huomioida ollenkaan. Rakentamisvaiheessa aliarvioidaan sääsuojautumista ja olosuhteiden hallinta on puutteellista. Materiaalit kastuvat jo rakentamisvaiheessa, jolloin mikrobivaurioriski kasvaa. Lisäksi rakenteiden kuivumisaikoja laiminlyödään, mikä johtaa ongelmiin jossain vaiheessa. Rakennuksen loppukäyttäjät ja ylläpito aiheuttavat pitkällä aikavälillä edellytykset myös home- ja kosteusvaurioille. Yksi yleinen ongelma on, että omistajat eivät halua sijoittaa rahaa rakennuksen kunnossapitoon. [26, s. 13.]

Haitalliseksi kosteus- ja mikrobivaurio katsotaan silloin, kun rakennuksen sisäpinnoilla tai sisätiloissa on näkyvää vauriota. Kosteus- ja mikrobivaurio voidaan katsoa haitalliseksi, vaikka pinnoilla ei olekaan näkyviä vaurioita vaan ne ovat rakenteiden sisällä, tai ilma tulee kosteus- ja mikrobivaurioituneiden materiaalien kautta sisätiloihin. Vaikutus sisäilman laatuun kosteus- ja mikrobivaurioissa riippuu vaurion sijainnista ja laajuudesta rakenteessa sekä rakenteen tiiveydestä. Tutkimuksissa on todettu, että kosteus- ja mikrobivaurioilla on yhteys sairasteluun ja oireisiin. Vielä ei kuitenkaan tiedetä tarkkaan, mikä näissä aiheuttaa oireita ja millä mekanismilla. Mikrobivaurioituneista rakenteista vapautuu itiöitä ja kemiallisia epäpuhtauksia kaasumaisessa ja hiukkasmaisessa muodossa aiheuttaen osalle ihmisistä erilaisia ärsytysoireita sekä infektiosairauksia. [25, s. 81.]

Suomessa mikrobipitoisuudet ilmassa vaihtelevat eri vuodenaikojen mukaan voimakkaastikin. Talvikautena mikrobeja esiintyy ilmassa hyvin vähän, kun lumi on maassa. Pääasialliset mikrobilähteet ulkoilmassa ovat maaperän kasvit. Rakennuksen sisällä sisäilman mikrobeihin vaikuttavat ulkoilman mikrobit sekä mikrobien lähteet sisällä.

Suomen ulkoilmassa esiintyy mm. seuraavia sieni-itiöitä. Suluissa on esitetty kunkin sienitiön osuus ulkoilman itiöistä:

- cladosporium (85%)
- penicillium (4 %)
- botrytis (2 %)
- fusarium (0,8 %)
- aureobasidium (0,5 %)
- geotrichum (0,5 %)
- verticillium (0,5 %)
- mucor (0,2 %) [27.]

Mikrobikasvun alkamisen syntymiseen vaikuttavat materiaalin kosteus, lämpötila, ravinteet sekä aika. Edellytyksenä mikrobikasvulle on, että materiaalissa on mikrobeja, itiöitä tai mahdollisesti pieni määrä vanhaa kasvustoa. Mikrobeille kelpaa lähes kaikki eloperäinen ravinne energialähteeksi. Puu, kipsilevyn pahvi, tapetti yms. materiaalit käyvät monille mikrobeille ravinnoksi, mutta useimmille riittää ravinnoksi jopa tavallinen huonepöly. Pinnoille, jotka ei sisällä eloperäistä materiaalia, kuten betoni, voi pinnalle voi muodostua homekasvustoa, jos pinnalla on pölyä sekä muuta likaa. [27.]

3.6 Psykologiset tekijät

Sisäilman laatuun rakennuksen käyttäjien kokemusten mukaan voivat vaikuttaa myös henkilökohtaiset sekä psykososiaaliset tekijät. Henkilökohtaisiin tekijöihin voivat vaikuttaa ikä, hengitystiesairaudet, perinnölliset tekijät sekä myös muut sairaudet. Altistuminen esimerkiksi mikrobivauriolle vapaa-aikana tai työpaikalla voi aiheuttaa immuunijärjestelmän herkistymistä. [28, s. 10–23, 47–52.]

Sisäympäristön sisäilmaongelmiin vaikuttavia psykologisia tekijöitä ovat esimerkiksi:

- henkilökohtainen hyvinvointi
- työkuorma sekä stressi
- oma käsitys rakennuksen kunnosta sekä terveellisyydestä
- luottamus kiinteistön ylläpitoon
- tyytyväisyys asuin sekä työympäristöön
- esimies-alaissuhde
- organisaatiossa tapahtuvat muutokset [28, s. 6–7.]

Psykososiaaliset ja henkilökohtaiset tekijät eivät sinällään ole sisäympäristön sisäilman laatuun vaikuttavia tekijöitä, mutta koettuun sisäympäristön sisäilman laatuun ne vaikuttavat kuitenkin sekä siihen, miten tiloissa oleva työyhteisö kokee sekä sietää haitat ja kykenee hallitsemaan sisäilmasta aiheutuvan haitan. Tilojen käyttäjän mahdollisesti lisääntyvä psykososiaalinen kuormitus voi herkistää tilojen käyttäjää sisäympäristön epäpuhtauskuormitukselle. Työympäristöön tyytymättömyys vaikuttaa myös käyttäjään ja saa käyttäjän tutkimaan omaa terveyttä sekä etsimään tekijöitä tähän tyytymättömyyteen, joka voi mahdollisesti lisätä myös sisäympäristön sisäilmaan liittyviä olosuhdevalituksia. Myös stressi ja organisaatiomuutokset sekä työpaikan ilmapiiri lisää tyytymättömyyttä työympäristöön. [28, s. 10–23.]

3.7 Rakennusmateriaalien päästöluokitus

Materiaalien päästöluokitus edistää rakennusmateriaalien kehitystä vähäpäästöisempään suuntaan. Ensisijaisesti rakennusmateriaalien päästöluokitus on tarkoitettu asuin- sekä työhuoneissa käytettävien materiaalien luokitusta varten hyvän sisäilman laadun varmistamiseksi. Ennen korjausrakennushankkeen toteutusta on jo suunnitteluvaiheessa otettava huomioon vähäpäästöiset materiaalit. [29.]

M1-merkki kertoo materiaalin vähäpäästöisyydestä. Päästöluokituksen perusteena käytetään sisäilmastoluokitus 2008 voimassa olevia kriteereitä sekä perusteita. Tuotteista testataan emissiivisiä ominaisuuksia puolueettomissa laboratorio-olosuhteissa. Tuotteista testataan seuraavia ominaisuuksia: haihtuvia orgaanisia yhdisteitä TVOC, formaldehydi, ammoniakki, karsinogeneenejä sekä hajuja. Tuotteiden testaus on vapaaehtoista, mutta M1-päästöluokamerkkiä voi käyttää tuotteen yhteydessä vasta, kun tuote on läpäissyt hyväksyttävästi testit. Päästöluokamerkin M1 myöntää puolueeton rakennustietosäätiö testauksen jälkeen. Rakennustietosäätiö myös valvoo merkin käyttöä. Päästöluokka M1-merkin hakeminen tuotteelle perustuu vapaaehtoisuuteen. Rakennustietosäätiö ylläpitää myös listaa tuotteista, joille M1-merkki on myönnetty. Yleisimpiä rakennusmateriaaleja, joille on M1-merkki myönnetty, ovat betonituotteet, mineraalipohjaiset lämmöneristeet, liimapuutuotteet, kipsilevyt, muovieristeet, ovet, lattiapäällysteet sekä maalit. [29.]

3.8 Emissio

Materiaalien emissio on yksinkertaisuudessaan materiaalin pinnasta tapahtuva kemiallisten yhdisteiden haihtumisilmiö. Tilassa olevien materiaalien emissio vaikuttaa suoraan huonetilan sisäilman koostumukseen. Emissioon vaikuttaa monta eri tekijää, kuten pintojen ilmanvaihto, yhdisteiden höyrynpaine ja diffuusiokerroin materiaalissa sekä rakenteen tai materiaalien lämpötila sekä kosteuspitoisuus. [30.]

Emissio ei sinänsä ole mitenkään erikoinen ilmiö. Sisäilman laadun määrittäjänä materiaalien käyttäytyminen on kuitenkin oleellisesti mutkikkaampaa, nimittäin emissioon liittyy aina kysymys siitä, mitä emittoituneille aineille tapahtuu. Emittoituneista aineista osa jää ilmaan, missä ilmanvaihto laimentaa niiden pitoisuutta ja osa palaa takaisin materiaalien pinnoille. Emittoitunut aine voi adsorboitua materiaalin pinnalle tai se voi myös adsorboitua pintamateriaalin sisään. [31.]

Lattiamateriaalipäällysteistä emittoituu asennuksen jälkeen ensimmäisien kuukausien aikana sisäilmaan monia erilaisia yhdisteitä, jotka aistitaan kullekin materiaalille ominaisena hajuna. [30.]

4 SISÄILMALUOKITUS

Sisäilmaluokituksen on julkaissut Sisäilmayhdistys ry, joka asettaa sisäilman laadulle, rakennusmateriaaleille ja ilmanvaihtotuotteille sekä rakennustöille ja ilmanvaihtojärjestelmille raja-arvoja, joiden avulla ne jaetaan eri puhtausluokkiin. Tämän luokituksen nimeksi on laitettu Sisäilmastoluokitus 2008, joka korvaa edellisen Sisäilmaluokitus 2000 ohjeen. [17.]

Sisäilman laatu on mahdollista jakaa kolmeen eri luokkaan: S1, S2 ja S3. Rakennusmateriaaleille ja ilmanvaihtotuotteille on määritelty omat päästöluokat M1, M2 ja M3. Rakennustöihin ja ilmanvaihtojärjestelmiin käytetään puolestaan puhtausluokkaa P1 ja P2. [17.]

Sisäilmaluokitus on tarkoitettu käytettäväksi niin rakennus- kuin taloteknisen suunnittelun sekä urakoitsijan apuna, kun tavoitteena on rakentaa viihtyisiä sekä terveellisiä rakennuksia. Luokituksella on saatu hyvä jalansija rakentamisessa, varsinkin toimitilarakentamisessa, missä tätä käytetään lähes aina poikkeuksetta varmistamaan hyvän lopputuloksen aikaansaaminen. [17.]

Sisäilmaluokitus 2008 jakaa sisäilman laadun kolmeen eri luokkaan:

- S1: Yksilöllinen sisäilmasto

”Tilan sisäilman laatu on erittäin hyvä eikä tiloissa ole havaittavia hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat viihtyisät eikä vetoa tai yllilämpenemistä esiinny. Tilan käyttäjä pystyy yksilöllisesti hallitsemaan lämpöoloja. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset erittäin hyvät ääniolosuhteet ja hyviä valaistusolosuhteita tukemassa yksilöllisesti säädettävä valaistus.”

- S2: Hyvä sisäilmasto

”Tilan sisäilman laatu on hyvä eikä tiloissa ole häiritseviä hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat hyvät. Vetoa ei yleensä esiinny, mutta yllilämpeneminen on mahdollista kesäpäivinä. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset hyvät ääni- ja valaistusolosuhteet.”

- S3: Tyydyttävä sisäilmasto

*”Tilan sisäilman laatu ja lämpöolot sekä valaistus- ja ääniolosuhteet täyttävät rakentamismääräysten vähimmäisvaatimukset. Eri suureiden tavoite- ja suunnitteluarvot voidaan valita eri laatu-
luokista taitarvittaessa määritellä jonkin suureen arvo.”*

Sisäilmastoluokitus asettaa suunnittelulle ja toteutukselle tavoitearvoja, muun muassa lämpötilan, minimi-ilmavirtojen sekä äänitasojen suhteen. [17.]

5 KAJAANIN OIKEUS- JA POLIISITALON SEKÄ UUDEN VIRASTOTALON SISÄILMASTOKORJAUKSET

5.1 Yleistietoa kohteesta

Kohteissa päädyttiin sisäilmastokorjauksiin, koska käyttäjät olivat kokeneet jo useiden vuosien ajan sisäilman laadun ongelmana. Tämä alkoi olla jo iso ongelma, mihin oli reagoitava.

Kohteessa on kaksi erillistä kiinteistöä, joista Oikeus- ja poliisitalo on rakennettu vuonna 1985 ja Uusi virastotalo vuonna 1987. Kiinteistöt omistaa Senaatti-Kiinteistöt. Laajuudeltaan kohteet ovat seuraavat:

Oikeus- ja poliisitalo

- tilavuus 19 200 m³
- kerrosala 5 420 m²

Uusi virastotalo

- tilavuus 18 800 m³
- kerrosala 5 550 m²

Julkisivut ovat piirustusten ja tutkimusten perusteella pääosin betonisandwich-elementtejä, joiden ulkopinnassa on käytetty tiili- sekä klinkkerilaattaa. Kantavana osana julkisivussa toimivat teräsbetoniset pilarit piirustusten perusteella.

Kiinteistöihin tehtävistä sisäilmakorjausten rakennesuunnittelusta vastasi Insinööritoimisto Savon Controlteam Oy, ja rakennusurakasta vastasi ISS Palvelut Oy.

5.2 Korjaustöiden toteutus

Tutkimuksien ja katselmusten perusteella Senaatti-Kiinteistöt päätti toteuttaa sisäilmakorjausten ensimmäisen vaiheen ikkunoiden ja niiden välirakenteiden uusimisella. Tämä todettiin

olevan järkevä ratkaisu sisäilman laadun parantamiseksi. Todetuissa ongelmapaikoissa oli mineraalivillanäytteissä havaittavissa tunkkaista hajua sekä joissain paikoissa myös viitteitä mikrobeista. Työ päätettiin toteuttaa mikrobivauriokorjaukseen rinnastettavana työnä kaikkialla, koska ei ollut järkevää lähteä tutkimaan jokaista ikkunaliittymää erikseen. Tämä olisi vaikuttanut hankkeen kestoon merkittävästi, koska tutkimukset olisivat vieneet aikaa huomattavasti. Mikrobivauriokorjauksessa remontoitava tila osastoitui muista tiloista sekä vaurioituneet rakenteet uusittiin.

Työn toteutuksen haasteellisuutta lisäsi se, että käyttäjät toimivat korjauskohteen viereisissä tiloissa koko korjauksen ajan. Hankkeen kestoa ajatellen tämä seikka kannatti ottaa hyvin huomioon varsinkin silloin, jos käyttäjille ei pystytä tarjoamaan väliaikaisia tiloja, koska korjaukseen ei voida ottaa yhtä aikaa useita tiloja tilan puutteen vuoksi, mikä vaikuttaa isommissa kohteissa selvästi aikataulun kestoon.

5.2.1 Valmistelevat toimenpiteet

Korjaustyöselostuksen mukaan korjattavista huoneesta tyhjennetään ensin irtaimisto. Tätä ohjetta pystyttiin noudattamaan pääosin hyvin sekä urakoitsijan että käyttäjien osalta. Ohjeen noudattamisessa jouduttiin tekemään muutamia poikkeuksia urakoitsijan, rakennuttajan sekä käyttäjienkin osalta. Osa kalusteista oli isoja, ja niitä ei ollut mahdollista siirtää pois tilasta ilman purkamista ja purkamisen jälkeen niitä ei voitu välttämättä enää kasata vastaamaan entistä. Nämä kalusteet suojattiin huolellisesti omalle paikalleen suojausmuoveilla ja teipillä, ettei rakennusaikainen pöly leviä kalusteiden pinnoille.

Jokainen tila on syytä arvioida tapauskohtaisesti yhteistyössä urakoitsijan, rakennuttajan sekä käyttäjän kesken. Arvioinnissa tarkastellaan, pystytäänkö tavarat siirtämään pois korjattavasta tilasta vai suojataanko tavarat korjattavaan tilaan. Toinen haaste tavaroiden siirrossa oli se, että osa tiloissa olevista tavaroista tuli poistaa käyttäjien toimesta ja osa urakoitsijan toimesta. Tämä aiheutti välillä epäselvyyttä. Tässä hyvä tiedottaminen käyttäjille oli erittäin tärkeää väärinkäsityksien välttämiseksi.

5.2.2 Osastointi

Korjaustyö päätettiin toteuttaa mikrobivaurioon rinnastettuna työnä, missä osastointi toteutettiin kahdella pölytiivillä seinällä. Seinien välissä olevalla sulkutilalla tasattiin painevaihteluita tilojen välillä, mikä esti rakennuspölyn leviämistä käytössä oleviin tiloihin. Sulkutila toimi myös työvaatteiden vaihtotilana, jolloin työntekijät eivät kulkeneet pölyisillä vaatteilla käyttäjien tiloissa aiheuttaen mahdollisesti lisäoireilua käyttäjien keskuudessa. Osastoinnissa oli myös huomioitava, että ilmanvaihtolimet tulpataan huolellisesti, koska tällä estetään pölyn leviäminen ilmanvaihtokanavistoon, mistä se olisi mahdollisesti voinut kulkeutua muihin tiloihin. Kyseisessä työssä alipaineistusta ei voitu toteuttaa, koska ulkoseinässä olevat ikkunaukot olivat avonaiset, jotka tekivät alipaineistamisen mahdottomaksi.

Osastoinnin huolelliseen toteutukseen oli syytä kiinnittää huomiota läpi hankkeen, koska rakennuspölyn leviäminen ei ole sallittua remonttia ympäröiviin tiloihin, kun haluttiin pysyä puhtausluokassa P1 läpi koko hankkeen. Kuvassa 12 on esitetty osastoinnin puutteita, missä esimerkiksi osastoivan muoviseinän tiiveydessä oli puutteita. Urakoitsijan asenteella pölyttömyyteen korjausrakentamisessa on merkitystä, mikä on tärkeää painottaa myös urakoitsijalle.



Kuva 12. Puutteellinen osastointi.

5.2.3 Purkutyö

Purkutyössä vanhat ikkunat, ikkunoiden listoitukset ja pellitykset poistettiin. Lisäksi apukarmit ja eristeet poistettiin apukarmin ulkopuolelta 200 mm syvyydeltä. Ohjeen mukaan eristettä poistetaan tarvittaessa laajemmaltakin alueelta, jos havaitaan silmämääräisesti vaurioita laajemmalla alueella. Tarvittaessa rakennuttaja päätti eristeen poiston laajuuden tapauskohtaisesti. Myös ikkunoiden puu- ja levyrakenteiset välisosat purettiin pois ja uusittiin. Purkujäte pyrittiin kuljettamaan ulkokautta pölyhaittojen vähentämiseksi. Mikäli purkujätettä jouduttiin kuljettamaan sisätilojen kautta, se kuljetettiin suljetuissa kannellisissa jäteastioissa, jotka olivat ulkopuolelta pölyttömät.

Pölyn hallinta ja leviäminen varsinkin ulkoilmaan on haasteellista etenkin, kun kysymyksessä on ulkoseinässä tehtävä työ ja purkumenetelmissä on käytettävä pölyä tuottavia koneita ja työmenetelmiä. Tilaajan kannalta tämä asia on hyvä ottaa jo huomioon suunnitteluvaiheessa velvoittamalla urakoitsijaa käyttämään mahdollisimman vähän pölyä tuottavia purkumenetelmiä ja rakennuksen ympärille rakennettavia suoja, kuten huputettuja rakennustelineitä.

5.2.4 Rakenteiden uusiminen

Korjaustyöselostuksen ohjeen mukaan poistetun eristeen tilalle asennetaan uusi eriste alkuperäisen mukaan. Eristeenä käytettiin alkuperäisen kaltaista eristettä, jonka luokka oli oltava vähintään B-s 1, d0. Tässä B-s 1 tarkoittaa, että tämän tuotteen osallistumiseen paloon on vähäistä ja tuotteen savuntuotto on hyvin vähäistä. Lisäksi d0 tarkoittaa, että tuotteesta ei tule palotilanteessa palavia pisaroita. Kivivillan käyttöön oli pääsuunnittelija laatinut erillisen ohjeen, jota noudatettiin niillä osin, joissa käytettiin kivivillaa. Ohjeen mukaan käytettävä kivivilla tuuletuilla elementin alueilla tuli olla Paroc COS 5gt tai COS 5ggt 145 mm. Tuuletuilla alueilla uuden eristeen asennuksessa tuli huomioida eristetilän tuulettavuus myös jatkossa. Eristeiden uusimisella saatiin poistettua joskus kostuneet ja haisevat eristeet, millä on vaikutusta sisäilman laatuun jo pelkästään hajuhaitan vuoksi. Lisäksi eristeiden vaihtamisella pyrittiin vaikuttamaan kuitumaisten hiukkasten kulkeutumiseen sisäilmaan vuotoilman seurauksena.

Poistettut apukarmit olivat kyllästettyä puuta ja ne korvattiin normaalilla sahatavaralla. Apukarmina tuli ohjeen mukaan käyttää kokoa 50x130 mm. Urakoitsijan ehdotuksesta koko muutettiin mitallistettuun 48x123 mm. Tällä pystyttiin apukarmeja asentaessa huomioimaan villatilan tuulettavuus, joka on esitetty kuvassa 13.



Kuva 13. Eristetilan tuuletus on toteutettu kapeammalla apukarmilla.

Ikkunoiden puurakenteiset väliosat rakennettiin uudelleen. Väliosien uusimisen tavoitteena oli parantaa tiiveyttä, millä on merkitystä sisäilman laatuun. Välirakenteiden tiiveyteen kiinnitettiin erityistä huomiota ikkunaliittymissä. Tällä saatiin vähennettyä ulkoapäin tulevaa vuotoilman määrää, jonka mukana sisäilmaan voi tulla sisäilman laatua heikentäviä tekijöitä kuten esimerkiksi hääkää.

Jokaisesta työvaiheesta tilaaja edellytti mallityön, joka hyväksyttiin ennen muiden vaiheiden jatkamista. Puhuttaessa sisäilmakorjauksista on ikkunaliittymien tiiveyteen syytä kiinnittää jo erityistä huomiota suunnitteluvaiheessa, jotta tavoiteltu lopputulos saavutetaan. Hyvä valvonta ja ongelmakohtiin puuttuminen on tärkeää läpi koko hankkeen.

5.2.5 Ikkunat

Ikkunoiden uusinnan yksi lähtökohta oli energiatehokkuus, missä maksimi U-arvoksi asetettiin yksi. U-arvo on lämmönläpäisykerroin (W/m^2K), jolla kuvataan eri rakennusosien läm-

möneristyskykyä. Sisäilman laatua haluttiin myös lisätä lämpötilan osalta ottamalla selektiivilasi, jolla saadaan kesällä vähennettyä auringon lämmön vaikutusta sisälämpötilaan. Lisäksi talvella matalalla U-arvolla vähennetään vedon tunnetta työskenneltäessä ikkunan läheisyydessä.

Suunnitteluvaiheessa oli syytä huomioida myös julkisivun vesipeltien kallistukset RT' 80 - 10632 -kortin ohjeen mukaan. Tässä rakennustietokortissa käsitellään rakennuksen suojapellityksiä. Jos kallistuksia ei olisi pystytty toteuttamaan entistä ikkunaa vastaavalla karmikoolla, niin mahdollista oli myös pienentää karmikokoa pystysuunnassa. Tällä saatiin pellitykselle lisää kaltevuutta ja irtovesi pystytettiin ohjaamaan pois ikkunaliittymästä.

5.2.6 Lopettavat toimenpiteet

Purkutöiden jälkeen työskentelytilasta purkujäte tuli siirtää pois suljetuissa jätesäkeissä ulkokautta tai suljetuissa jäteastioissa sisäkautta. Lisäksi työkalut ja työskentelytila tuli imuroida HEPA-suodattimella varustetulla imurilla ennen uuden ikkunan ja muiden rakenteiden asennusta. Ikkunan ja ympäröivien rakenteiden asennuksen jälkeen ennen työkalujen siirtoa uuteen työskentelytilaan työkalut ja kuljetuslaatikot nihkeäpyyhittiin Divodes FG -desinfointiaineella. Tällä pyrittiin estämään rakennuspölyn ja mahdollisen mikrobipölyn leviäminen käytössä oleviin tiloihin, mikä omalta osaltaan mahdollisesti aiheuttaa oireilua tilojen käyttäjissä.

5.2.7 Pintakäsittely

Sisäilmakorjauksia tehtäessä myös käytettäville materiaaleille asetettiin päästöluokaksi M1-luokka. Vähäpäästöiset materiaalit ovat yksi askel parempaan ja laadukkaaseen sisäilman laatuun muiden tekijöiden kanssa. Tilaajan kannattaa tuoda vähäpäästöisyys esille jo suunnitteluvaiheessa sekä velvoittaa urakoitsijaa hyväksyttämään tilaajalla materiaalit ennen niiden käyttöä.

5.3 Siivous

Sisäilmakorjaukseen oli laadittu oma puhtaudenhallinnan työohje. Sisäilmakorjauksessa siivous oli monivaiheinen, koska koko hanke päätettiin toteuttaa mikrobivauriokorjauksena korjausselosteen mukaisesti. Tämä tarkoitti, että ensimmäinen nihkeäpyyhintä Divodes FG -desinfiointiaineella tehtiin irtaimistolle ennen tilan tyhjentämistä. Korjaustöiden jälkeen remontoituun tilaan suoritettiin loppusiivous, missä kaikki pinnat imuroitiin ja nihkeäpyyhittiin desinfiointiaineella sekä lattiapinnoille suoritettiin perussiivous. Irtaimiston takaisin siirron jälkeen remontoituun tilaan suoritettiin irtaimistolle vielä nihkeäpyyhintä.

Korjaustöiden aikana pidettiin tehostettua ylläpitosiivousta remontoitavaa tilaa ympäröivissä tiloissa sekä käytävillä mahdollisen rakennuspölyn leviämisen estämiseksi. Korjatuissa tiloissa sekä niihin rajoittuvissa käytävissä suoritettiin tihennettyä taajuutta ylläpitosiivouksessa yhden kuukauden ajan korjauksen jälkeen.

Siivouksella on suuri merkitys sisäilmakorjauksissa, ja tällä pyritään takaamaan puhdas ja pölytön sisäympäristö rakentamisen jälkeen. Siivouksen laatutason pitämiseksi jatkuva valvonta oli tärkeää sekä mallityön tekemisestä eri siivoustyövaiheista oli pidettävä kiinni, millä pystyttiin puuttumaan ongelmakohtiin heti alussa.

5.4 Laadunvarmistus

Keskeisimmät laadunvarmistuksen tavoitteet olivat tässä sisäilmakorjauksessa ikkunan ympäristössä olevien vaurioituneiden rakenteiden poistaminen sekä tiiveyden varmistaminen uusiin ja korjatuissa rakenteissa, jolla pystytään välttämään haitallisia ilmapuotoja sisätiloihin.

Valvonnan merkitys korostui tällaisessa hankkeessa, ja valvontaa tuli suorittaa päivittäin. Valvojan oli hyvä kiinnittää huomiota oikeiden työmenetelmien noudattamiseen sekä oikeiden ja hyväksyttyjen materiaalien käyttöön. Lisäksi tilaajan tuli edellyttää ja valvoa, että dokumentointi suoritetaan sovitusti ja asianmukaisesti.

Korjaustyöselostuksessa oli määritelty työvaiheet, joista tehtiin mallityöt ja hyväksytettiin valvojalla ennen kuin varsinainen työ voitiin toteuttaa. Kaikki mallityöt ja tarkastukset do-

kumentoitin. Joihinkin katselmuksiin sekä tarkastuksiin olisi hyvä ottaa mukaan myös tilan käyttäjä, koska tällä menettelytavalla voidaan vähentää ennakkoluuloja ja vääriä uskomuksia.

6 YHTEENVETO

Sisäympäristöongelmat ovat hyvin yleisiä nykyisin, ja ne luovat haasteita korjausrakentamisen hallinnassa. Puutteellisella tutkimuksella sekä suunnittelulla on mahdollista keskittyä korjausrakentamisessa väärin asioihin, joilla ei saavuteta haluttua lopputulosta sisäympäristössä sekä käyttäjien tyytymättömyys voi jatkua edelleen yhtä voimakkaana.

Yksi merkittävimmistä ongelmista korjausrakentamisessa sisäympäristön hallinnassa on rakennuspöly ja sen hallinta. Pöly on melun lisäksi eniten haittatekijöitä aiheuttava tekijä korjausrakentamisessa, ja se aistitaan käyttäjien keskuudessa hyvin herkästi. Rakennuspöly koostuu useasta eri materiaaleista, ja niiden haittavaikutukset ovat erilaisia. Pölynhallinnan tasoon voidaan vaikuttaa jo urakoitsijan kanssa käydyissä urakkaneuvotteluissa, joissa painotetaan pölyn haittatekijöiden merkitystä korjausrakentamisessa. Lisäksi korjausrakentamisen työntekijöiden asenteella pölynhallinnassa on suuri merkitys, sillä työohjeiden noudattaminen voi olla välillä asenteesta johtuen hankalaa. Tämä edellyttää työnjohdolta ja valvojalta riittävää valvontaa sekä ongelmiin puuttumista välittömästi.

Ilmanvaihdolla on huomattava merkitys sisäilman laadussa. Oikein säädetty ja toimiva ilmanvaihto takaa laadukkaan ja vedottoman sisäilman. Rakennuksen tiiveydellä sisäilmakorjauksissa saadaan merkittävä parannus sisäilmaan, koska ulkoa johtuvat sisäilman epäpuhtaudet eivät pääse vuotoilman mukana sisätiloihin, mikä parantaa huomattavasti sisäilman laatua. Materiaalien päästöillä on myös merkitystä sisäympäristön hallinnassa korjausrakentamisessa. Vähäpäästöisillä materiaaleilla pystytään vähentämään huomattavasti sisäilmaan haihtuvia päästöjä, jotka voivat aiheuttaa oireilua tilojen käyttäjissä.

Korjausrakentamisessa sisäympäristön hallinnassa yksi tärkeä asia on tiedottaminen käyttäjille. Tämä vähentää huomattavasti epäluuloja sekä olettamuksia, millä on huomattavia psykologisia vaikutuksia. Tarvittaessa voidaan perustaa sisäilmatyöryhmä, johon osallistuu käyttäjien edustajia. Tällä pystytään vähentämään huomattavasti ennakoluuloja ja lisätään luottamusta korjaustöitä kohtaan.

LÄHTEET

1. University of Eastern Finland, Pölynhallinta korjausrakentamisessa. [PDF-dokumentti], http://epublications.uef.fi/pub/urn_isbn_978-952-61-1052-3/urn_isbn_978-952-61-1052-3.pdf, luettu: 9.3.2014
2. Työsuojelurahasto, tutkimustietoa, rakennuspölylle altistumisen vähentäminen [PDF-dokumentti],
https://www.tsr.fi/c/document_library/get_file?folderId=13109&name=DLFE-5286.pdf, luettu: 9.3.2014
3. Sosiaali- ja terveysministeriö, valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 26.3.2009/205 [WWW-dokumentti],
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2009/20090205#L13>, luettu: 9.3.2014
4. Meranti, siivoustietoa, laadukas siivous [PDF-dokumentti],
http://www.meranti.fi/assets/site/files/M_LAADUKAS_SIIVOUS.pdf, luettu: 15.12.2014
5. Työterveyslaitos, toimialat, pölyt ja mikrobit, betonipöly [WWW-dokumentti],
http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/vaaralliset_aineet/polyt_mikrobit/betonipoly/sivut/default.aspx, luettu: 9.3.2014
6. Finlex, haitta-ainepitoisuustaulukko [PDF-dokumentti],
<http://www.finlex.fi/data/sdliite/liite/6042.pdf>, luettu: 12.3.2014
7. Työterveyslaitos, toimialat, vaaralliset aineet, asbestituotteet [PDF-dokumentti],
http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/vaaralliset_aineet/eristeaineet/asbestituotteet/Documents/asbesti_rakennustyossa.pdf, luettu: 14.3.2014
8. Sisäilmayhdistys, terveelliset tilat, homepurku [WWW-dokumentti],
<http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/kunnossapito-ja-korjaaminen/purku-kuivaus-ja-puhdistus/homepurku/>, luettu: 14.3.2014

9. Strong, info, rakennustyömaan pölyntorjunta [WWW-dokumentti],
<http://www.strong.fi/fi/info/rakennustyomaan-polynhallinta.html>, luettu:
15.12.2014
10. Witre Oy, työympäristö, henkilökohtainen työturvallisuus, hengityssuojaimet [PDF-dokumentti], http://www.witre.fi/WFI/fi_FI/PDF/530.pdf, luettu: 26.7.2014
11. Sisäilmayhdistys, terveelliset tilat, sisäilmasto [WWW-dokumentti],
<http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/sisailmasto/perustietoa/>, luettu: 19.4.2014
12. Seuri Markku, Palomäki Eero, Haasteellinen sisäilma, Rakennustieto Oy, Tampere-Paino Oy, ISBN 951-682-617-2
13. Seppänen Olli, Seppänen Matti, Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka, Sisäilmayhdistys ry, Gummerus Kirjapaino Oy, ISBN 951-97186-5-6
14. Ympäristöministeriö, Suomen rakentamismääräyskokoelma D2 [PDF-dokumentti],
http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf, luettu: 10.5.2014
15. Sosiaali- ja terveysministeriö, asumisterveysohje 2003 [PDF-dokumentti],
http://www.finlex.fi/pdf/normit/14951-asumisterveysohje_pdf.pdf, luettu:
11.5.2014
16. Sisäilmauutiset, apua tuloilmasuodattimen valintaan [WWW-dokumentti],
<http://www.sisailmauutiset.fi/?p=479>, luettu: 19.12.2014
17. Rakennustieto Oy, RT 07-10946, Sisäilmastoluokitus 2008 [PDF-dokumentti],
<https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/5guoZSPW8%3A%2447%2410946%246%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pzjY%3AC1-103675/10946.pdf>, luettu: 13.5.2014
18. Puhakka Eija, Terveellinen sisäilma, Suomen Sisäilmaston Mittauspalvelu Oy, Gummerus Kirjapaino Oy, ISBN 952-90-7379-8
19. Haahtela Tari, Nordman Henrik, Talikka Mirja, Sisäilma ja terveys, Allergialiitto, Loimaan Kirjapaino Oy, ISBN 951-95375-3-8

20. Sosiaali- ja terveysministeriö, Sisäilmaohje, Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fyysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät, Edita Ab, ISBN 952-00-0261-8
21. Stuk, proInfo, valvonta, luonnonsäteily, radon tavanomaisilla työpaikoilla [WWW-dokumentti],
http://www.stuk.fi/proinfo/valvonta/luonnonsateily/radon_tyopaikoilla/fi_FI/radon_tyopaikoilla/, luettu: 10.5.2014
22. Työterveyslaitos, työympäristö, valaistus [WWW-dokumentti],
<http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/valaistus/Sivut/default.aspx>, luettu: 11.5.2014
23. Työterveyslaitos, työympäristö, sisäilma ja sisäympäristö, terveydelliset tekijät, sisäilman 2-etyyli-1-heksanoli [WWW-dokumentti],
http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/sisailma_ja_sisaymparisto/terveydelliset_tekijat/sisailman_2eh/sivut/default.aspx, luettu: 26.7.2014
24. Ositum Oy, kemian laboratorio, 2-etyyliheksanoli [WWW-dokumentti],
<http://www.ositum.fi/index.php?p=2etyyliheksanoli>, luettu: 26.7.2014
25. Eduskunnan tarkastusvaliokunta, julkaisu 1/2012, rakennusten kosteus- ja homeongelmat [WWW-dokumentti],
<http://web.eduskunta.fi/dman/Document.phx?documentId=er28612160849612>,
luettu: 15.5.2014
26. Airaksinen Miimu, Viitanen Hannu, Valjus Juha, Pekkala Vilho, Laaksonen Ensio, Siikala Juhani, Siikanen Unto, Seppälä Pekka, Åström Gunnar, Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen, Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry, Saarijärven Offset Oy, ISBN 978-951-758-537-8
27. Sisäilmayhdistys, terveelliset tilat, kosteusvauriot, mikrobit, mikrobikasvun edellytykset [WWW-dokumentti], <http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/kosteusvauriot/mikrobit/mikrobikasvun-edellytykset/>, luettu: 11.5.2014

28. Lahtinen Marjaana, Psykologinen näkökulma työpaikkojen sisäilmasto-ongelmiin: psykososiaalinen työympäristö ja organisaation ongelmanratkaisutaidot ongelma-
vyyhden osatekijöinä, Työ- ja ihminen tutkimusraportti 25, Työterveyslaitos Helsin-
ki, Tampereen yliopistonpaino, ISBN 951-802-573-8
29. Rakennustieto, Rakennusmateriaalien päästöluokitus, yleiset ohjeet [PDF-
dokumentti],
[https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/newfolder/5ox4SeyDQ/yleise
t_ohjeet_270510.pdf](https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/newfolder/5ox4SeyDQ/yleiset_ohjeet_270510.pdf), luettu: 12.5.2014
30. University of Eastern Finland, betonirakenteiden VOC-emissiot ja niiden vähentä-
minen rakennetta lämmittämällä [PDF-dokumentti],
[http://epublications.uef.fi/pub/urn_isbn_978-952-61-0052-4/urn_isbn_978-952-
61-0052-4.pdf](http://epublications.uef.fi/pub/urn_isbn_978-952-61-0052-4/urn_isbn_978-952-61-0052-4.pdf), luettu: 12.5.2014
31. VTT, terveen rakennuksen evoluutio, tutkimusraportti [PDF-dokumentti],
http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2001/terveen_rakennuksen_evoluutio.pdf,
luettu: 12.5.2014

LIITTEET

Liite 1 Insinööritoimisto Savon Controlteam Oy laatima korjaustyöselitys



**KAJAANIN OIKEUS- JA POLIISITALO
SEKÄ
UUSI VIRASTOTALO
Lönnotinkatu 2 / Kalliokatu 2
KAJAANI**

**IKKUNOIDEN UUSIMINEN
Korjaustyöselitys**

10.4.2013



SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
1. KOHTEEN YLEISTIEDOT	2
1.1. Työkohte ja osapuolet	2
1.2. Kohteen yleiskuvaus	2
1.3. Asiakirjat.....	3
1.4. Kohteessa suoritettut katselmukset	3
1.5. Muut kuin ikkunoiden vaihtoon liittyvät korjaukset.....	3
2. YLEISTÄ KORJAUSTYÖN SUORITUKSESTA	4
2.1. Urakan laajuus	4
2.2. Urakan määrittely	4
2.3. Työssä noudatettavat asiakirjat ja ohjeet	4
2.4. Purkutyöt ja suojaukset	5
2.5. Työmaasuunnitelma.....	5
3. KOHTEESSA TARVITTAVAT TUTKIMUKSET	5
4. KORJAUSTYÖN SUORITUS	6
4.1. Valmistelevat toimenpiteet	6
4.2. Osastointi	6
4.3. Purkutyöt	6
4.4. Ikkuna-aukkoa ympäröivät rakenteet	7
4.4.1. Desinfiointi	7
4.4.2. Eristeet.....	7
4.4.3. Apukarmit.....	7
4.4.4. Ikkunoiden puinen välirakenne	7
4.5. Ikkunat	8
4.5.1. Ikkunoiden vaatimukset	8
4.5.2. Ikkunoiden asennus.....	8
4.6. Sisä- ja ulkopuoliset rakenteet	8
4.7. Lopettavat toimenpiteet.....	10
4.8. Pintakäsittely	10
4.9. Toimistotarvikkeet ym.	10
5. LAADUNVARMISTUS	11
5.1. Rakennuttajan laadunvalvonta	11
5.2. Urakoitsijan laadunvarmistus	11
5.3. Mallityöt ja tarkastukset	11
5.4. Laadunvarmistuskokeet	12

1. KOHTEEN YLEISTIEDOT

1.1. Työkohde ja osapuolet

Kohde Kajaanin Oikeus- ja poliisitalo sekä Uusi virastotalo
 Lönnrotinkatu 2 sekä Kalliokatu 2
 87101 KAJAANI

Tilaaja Senaatti-kiinteistöt
 PL 74, Isokatu 4
 90101 OULU

Yhteyshenkilö Senaatti-kiinteistöt
 Juha Keränen
 puh. 020-5811653, 040-5416143
 juha.keranen@senaatti.fi

Rakennesuunnittelu
 Insinööritoimisto Savon Controlteam Oy
 Leväsentie 2, 70700 Kuopio
 Mika Keinänen
 040-167 8505
 mika.keinanen@controlteam.fi

1.2. Kohteen yleiskuvaus

Kohde käsittää kaksi kiinteistöä. Oikeus- ja poliisitalo on rakennettu vuonna 1985 ja Uusi virastotalo 1987.

Kohteet ovat laajuudeltaan seuraavat:

Oikeus- ja poliisitalo

Tilavuus	19 200 m ³
Kerrosala	5 420 m ²

Uusi virastotalo

Tilavuus	18 800 m ³
Kerrosala	5 550 m ²

Piirustusten ja katselmuksen perusteella julkisivut ovat pääosin betonisandwich-elementtejä joiden ulkopinnassa on tiili-/klinkkerilaatta. Piirustusten perusteella ulkoseinärakenne on sisältäpäin lukien pääosin seuraava:

- Maali
- 80 mm Betoni
- 140 mm Mineraalivilla
- 75 mm Betoni
- Tiililaatta

Piirustusten perusteella julkisivun kantavana osana toimivat teräsbetoniset pilarit.

1.3. Asiakirjat

Kohteesta on ollut käytettävissä seuraavat asiakirjat:

- Kajaanin uusi ja vanha virastotalo sekä poliisi- ja oikeustalo, Kuntoarvioraportti, Yhteen-
veto-osa, LVIA, sähkö ja rakenne, Insinööritoimisto Olof Granlund Oy 30.11.2000
- Oikeus- ja poliisitalo, Sisäilman mikrobianalyysi (viljely), 1365212 analyysivastauksen
yleinen tulkinta, Ositum Oy 8.6.2012
- Analyysivastaus 1365212, ilmanäyte, Ositum Oy 8.6.2012
- Poliisi- ja oikeustalo, Sisäilman VVOC- ja VOC-analyysi, 1365912 Analyysiraportti, Osi-
tum Oy 11.6.2012
- Poliisi- ja oikeustalo, tutkimusraportti, Saneeraustekniikka Sarte Oy 13.6.2012
- Poliisi- ja oikeustalo, Materiaalien FLEC-analyysi, 1385312 Analyysiraportti, Ositum Oy
16.7.2012
- Oikeus- ja poliisitalo, Materiaalinäytteen mikrobianalyysi, Analyysivastaus K121446MS,
Työterveyslaitos 19.7.2012
- Poliisi- ja oikeustalo, Jatkotutkimusraportti, Saneeraustekniikka Sarte Oy 10.8.2012
- Poliisi- ja oikeustalo, Materiaalinäytteen mikrobianalyysi, Analyysivastaus K121602MS,
Työterveyslaitos 19.9.2012
- Kajaanin käräjäoikeuden sisäilma-projekti, työselitys, Eero Pyykkönen 24.9.2012
- Kajaanin Virastotalo, Tilastoverailu sisäilman VVOC- ja VOC-analyysistä, Projekti
1463812, Ositum Oy 20.12.2012
- Kajaanin Virastotalo, Analyysivastaus 1465412, Ositum Oy 28.12.2012
- Kajaanin virastotalo, Tilastoverailu ilmanäyte viljelyanalyysi, Projekti 1465412, Ositum
Oy 28.12.2012
- Lausunto, Lounais- ja koillissivun korjaussuunnitelmien kommentointi, Ins.tsto savon
Controlteam Oy, 11.2.2013

Piirustuksia:

- Kajaanin poliisi- ja oikeustalo, Rakennepiirustusten piirustusluettelo 1984
- Nykytilanne, Seinän pystyleikkauksia, ARK 493-102, Arkkitehtitoimisto Raila ja Tapio
Rönköharju Oy, 25.1.2006, päivitetty
- Korjaussuunnitelma, Seinän pystyleikkauksia, ARK 493-104, Arkkitehtitoimisto Raila ja
Tapio Rönköharju Oy, 25.1.2006, päivitetty 1.5.06
- Korjaussuunnitelma, Seinän vaakaleikkauksia, ARK 493-103, Arkkitehtitoimisto Raila ja
Tapio Rönköharju Oy, 25.1.2006, päivitetty 1.5.06
- Korjaussuunnitelma, Seinän pystyleikkauksia, ARK 493-104, Arkkitehtitoimisto Raila ja
Tapio Rönköharju Oy, 25.1.2006, päivitetty 10.10.12
- Korjattu tilanne pystyleikkaus DET
- Julkisivu lounaaseen, esitetty vaihdettavat ikkunat

Muistioita:

- Muistio, Kajaanin virastotalo, Käräjäoikeuden sisäilmapalaveri 26.6.2012
- Muistio, Kajaanin virastotalo, Käräjäoikeuden sisäilmapalaveri 17.8.2012
- Muistio, Kajaanin virastotalo, Käräjäoikeuden sisäilmapalaveri 20.9.2012
- Muistio, Kajaanin virastotalo, Käräjäoikeuden sisäilmapalaveri 2, 20.9.2012
- Muistio, Kajaanin Oikeus- ja poliisitalo+uusi virastotalo, Sisäilmaan liittyvien tutkimusten
aloituskokous, 22.1.2013

1.4. Kohteessa suoritettut katselmukset

Kohteessa suoritettiin katselmus korjaussuunnittelun pohjaksi 22.1.2013.

1.5. Muut kuin ikkunoiden vaihtoon liittyvät korjaukset

Tässä korjaustyöselostuksessa ei oteta kantaa muihin korjauksiin.

2. YLEISTÄ KORJAUSTYÖN SUORITUKSESTA

2.1. Urakan laajuus

Urakka käsittää ikkunoiden vaihdon (kaikki ikkunat) ja muut työt tämän työselostuksen ja piirustusten mukaisesti molempiin kiinteistöihin (Oikeus- ja poliisitalo sekä Uusi virastotalo).

2.2. Urakan määrittely

Korjausurakka sisältää seuraavat työt, lista ei ole urakan rajausta (tarkempi määrittely kussakin työselostuksen kohdassa):

- Valmistelevat toimenpiteet (mm. tilojen tyhjentäminen ja ilmastoinnin tulppaaminen)
- Osastoinnin rakentaminen
- Ikkunoiden ja niitä ympäröivien rakenteiden purku korjaustyöselostuksen ja piirustusten mukaisesti (mm. ikkunoiden, apukarmien vesi- ja pielipeltien poistaminen, ikkunoiden välisen levyrakenteiden poistaminen sekä vanhojen eristeiden poistaminen tarvittavilta osin)
- Ikkuna-aukkoa ympäröivät rakenteet uusitaan korjaustyöselostuksen ja piirustusten mukaisesti (mm. uudet mineraalivillaeristeet tarvittaville osin, uudet apukarmit)
- Uusien ikkunoiden asennus paikoilleen
- Sisä- ja ulkopuolisten rakenteiden uusiminen (mm. vesi- ja pielipellit sekä muut pellit, tilkeväliit, levytykset ja kittaukset)
- Lopettavat toimenpiteet (mm. loppusiivous)

2.3. Työssä noudatettavat asiakirjat ja ohjeet

Korjaustyö tehdään tämän työselityksen ja kohteen piirustuksien mukaan.

Urakoitsijoita velvoittavat voimassa olevat lait ja asetukset, rakennusjärjestysohjeet sekä viranomaisten määräykset ja ohjeet.

Urakassa noudatetaan Rakennusurakan yleisiä sopimusehtoja YSE 1998, ellei urakka-asiakirjoissa ole toisin määritetty. Velvoittavina asiakirjoina noudatetaan Rakentamismääräyskoelman, RT-ohjetiedostojen, rakennustöiden yleisten laatuvaatimusten RYL- ja RIL-normien, By 41 "Betonirakenteiden korjausohjeet" ohjeita.

Hankekohtaiset asiakirjat ja ohjeet:

Urakkasopimusasiakirjat

Suunnittelijoiden työn aikana toimittamat täydentävät suunnitelmat

Viranomaisten, rakennuttajan, suunnittelijoiden ja valvojan antamat ohjeet

Rakennustarvikkeiden ja -aineiden valmistajien ja toimittajien ohjeet

Maalaus käsittelyt MaalausRYL 2001 mukaan.

2.4. Purkutyöt ja suojaukset

Purkutyöt ja jätteenkäsittely

Korjaustyössä tulee huomioida Ratu 82-0239 kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku -ohjeistus.

Korjaustöiden yhteydessä tulee huomioida työntekijöiden riittävä henkilökohtainen suojautuminen ja, ettei pölyä tai muita epäpuhtauksia pääse leviämään korjattavan alueen ulkopuolelle. Korjaustöiden jälkeen tiloissa tulee tehdä perusteellinen sisäilmakorjausten jälkeinen siivous.

Urakoitsijan on huolehdittava työmaan siisteydestä koko urakan ajan. Purkujätteitä ei saa väli-varastoida, vaan ne siirretään suoraan esim. siirtolavoille, joiden sijainti sovitaan yhteistyössä tilaajan edustajien kanssa.

Urakkaan kuuluu työssä syntyvien jätteiden käsittely ja poiskuljettaminen voimassa olevien viranomaisvaatimusten mukaisesti kaupungin osoittamalle kaatopaikalle. Urakkaan sisältyy kaatopaikkamaksut.

Mahdolliset purettavat ja uudelleenasetennettavat rakennusosat merkitään ja asennetaan takaisin alkuperäisille paikoilleen. Em. rakennusosat sijoitetaan työmaasuunnitelman mukaisiin paikkoihin huomioiden liikenteen asettamat rajoitukset.

Suojaukset ja puhdistukset

Urakoitsija huolehtii keskeneräisten ja valmiiden työsuoritusten ja rakenneosien suojauksesta.

Urakoitsija purkaa ja poistaa rakennusalueelta kaikki väliaikaiset telineet, laitteet, tukirakenteet, suojaukset yms. sitä mukaa kun ne käyvät tarpeettomiksi ja viimeistään loppupuhdistuksen yhteydessä.

Urakka-alueen on oltava rakennuttajalle luovutettaessa vastaavassa kunnossa kuin se oli työn alkaessa.

Vaurioiden korjaus

Kaikki korjaustyön aikana mahdollisesti syntyvät vauriot on urakoitsijan korjattava kustannuksellaan alkuperäistä vastaavaan kuntoon.

Mikäli ympäröiviä rakenteita tai muita kohteita on suojauksista huolimatta tahrittu tai rikottu, on urakoitsijan ne puhdistettava, korjattava tai tarpeen vaatiessa uusittava.

2.5. Työmaasuunnitelma

Urakoitsija vastaa urakka-alueen järjestelyistä ja työmaa-alueen merkitsemisestä tarvittavilla osin. Järjestelyille vaaditaan valvojan hyväksyntä.

3. KOHTEESSA TARVITTAVAT TUTKIMUKSET

Ennen ikkunoiden vaihtoa kohteessa tehdään julkisivujen kuntotutkimus.

Julkisivujen kuntotutkimuksen tulokset huomioidaan tarvittaessa ikkunoiden vaihtoon liittyvissä toimenpiteissä.

Julkisivujen kuntotutkimuksen toteutus on vielä kesken.

4. KORJAUSTYÖN SUORITUS

Kaikilta osin korjaustyössä on huomioitava Liite 1 (Siivousohje) ja Liite 2 (Irtaimiston puhdistusohje) mukaiset asiat.

Kaikissa töissä käytetään M1-luokan materiaaleja.

Urakoitsija vastaa valmiiden rakenteiden tiiviyydestä.

4.1. Valmistelevat toimenpiteet

Korjattava huone tyhjennetään irtaimistosta. Pöydät tyhjennetään ja ATK-laitteet viedään käyttäjän toimesta pois.

Pöydät ja kaapit siirretään sekä suojataan urakoitsijan toimesta.

4.2. Osastointi

Huoneeseen rakennetaan pölytiivis jakoseinä sekä pölytiivis eteistila jakoseinän ja muun huone-tilan väliin. Kuljettaessa työalueen, eteistilan ja muun huoneosan välillä pidetään vain yksi oviaukko kulloinkin auki (tuuli ei pääse painamaan epäpuhtauksia työalueelta käytävätiloihin). Ilmanvaihtoelementit tulpataan väliaikaisesti osastoinnin rakentamisesta huoneen käyttöönottoon asti.

Jakoseinän oviaukon ulkopuolelle sekä korjattavan huoneen oviaukon ulkopuolelle asetetaan tekstiilimatot jalkineiden mukana kulkeutuvan pölymäärän vähentämiseksi.

4.3. Purkutyöt

Ikkunoiden listoitukset ja pellitykset poistetaan. Kaikki vanhat ikkunat ja apukarmit poistetaan. Eristeet poistetaan apukarmien ulkopuolelta 100...200 mm syvyydeltä. Mikäli eriste on silmämääräisesti vaurioitunut laajemmalla alueella niin vanha eriste poistetaan niin pitkälle kuin on tarpeen/pystytään vaihtamaan. Mikäli eriste tai muu jäävä rakenne on silmämääräisesti pahasti vaurioitunut niin jatkotoimista päättää valvoja.

Ikkunoiden puu-/levyrakenteiset välisosat puretaan.

Ikkunoiden alapuoliset puu-/levyrakenteet uusitaan tarvittavilta osin. Erityistä huomiota kiinnitetään näiltä osin höyrynsulun liittymiin/tiiveyteen.

Purkutyön aikana elementtien ansaita ei saa vahingoittaa.

Purkutyön jälkeen jäävät pinnat puhdistetaan HEPA-suodattimella varustetulla pölynimurilla.

Jätteet viedään pois työmaa-alueelta mahdollisimman pölyttömästi. Sisäkautta kuljetettavat purku- ja rakennusjätteet toimitetaan siirtolavoille kootusti kannellisissa jäteastioissa jokaisen työpäivän päätteeksi. Sisäkautta tapahtuvan jätteiden siirron vähentämiseksi suositellaan käytettäväksi pudotusränniä, joka on yhdistetty jätekonttiin.

4.4. Ikkuna-aukkoa ympäröivät rakenteet

Erityistä huomiota käytetään höyrynsulkujen liitoksiin. Höyrynsulkua jatkettaessa limitys yksi tolppaväli ja teippaus höyrynsulkuteipillä. Höyrynsulun päättäminen puurakenteisiin Sikaflex-11 FC+ kitillä ja puristuksiin levyn alle.

4.4.1. Desinfiointi

Näkyville otetut betonipinnat desinfioidaan (mm. villatilassa olevat pystypinnat, ikkunasmyygit), Penetrox-S valmistajan ohjeen mukaan. Käsittelyssä käytettävä kokenutta urakoitsijaa. Käsitteltävät tilat eristettävä ilmastollisesti muista tiloista. Varusteet puhdistettava heti käytön jälkeen. Astiat ja huonekasvit suojattava laskeumalta. Varoaika ennen tilojen käyttöönottoa 48 h. Tilat tuuletetaan ennen käyttöönottoa.

- **Käyttö, Penetrox-S**

Penetrox-S toimitetaan käyttövalmiina liuksena ja se levitetään Mikrojet -aerosoliaggregaatilla.

- **Suojautuminen sumutettaessa, Penetrox-S**

Käytä kokonaamaria ja A2/P3 luokan suodattimia. Suojakäsineet. Suojahaalarina esim. kerta-käyttöhaalari.

4.4.2. Eristeet

Poistetun villan tilalle asennetaan uusi eriste alkuperäisen mukaan. Eristeenä käytetään alkupe-
 räisen kaltaista eristettä. Eristeen oltava kuitenkin vähintään luokkaa B-s1, d0. Käytettäessä
 kivivillaa toimitaan alla olevan mukaisesti (mikäli kohteessa käytetty muuta kuin kivivillaa nouda-
 tetaan ohjeita soveltuvin osin).

Tuuletetulla elementin alueella käytetään Paroc COS 5gt tai COS 5ggt (145 mm). Villan asen-
 nuksessa on huomioitava, että elementin tuuletus jää toimivaksi.

Tuulettumattomalla elementin alueella eristeenä käytetään Paroc COS 5.

Eristeiden soveltuvuus varmistetaan mallityöllä.

Eriste asemoidaan niin, että sen päälle tuleva apukarmi on tiiviisti sitä vasten.

4.4.3. Apukarmit

Apukarmina käytetään sahattua puutavaraa. Koko n. 50x130 mm. Tarkempi koko määritetään
 mallityöllä.

Apukarmi kiinnitetään paikoilleen polyuretaanivaahdolla. Polyuretaanivaahdo laitetaan apukarmin
 molemmalle syrjälle. Ulkopuolen osalla on kuitenkin huomioitava, että mikäli eristeessä on tuule-
 tusrako, niin tuuletusrako tulee jättää myös polyuretaanivaahtoon. Huomattavaa on, ettei mah-
 dollisiin tuuletusuriin saa tiputtaa mitään työn aikana.

HUOM!

Tuuleduksesta tulee huolehtia vain alueilla, joissa eristeen ja betonisen ulkokuoren välis-
 sä on jonkinlainen tuuletus (esim. tuuletusurat villassa).

4.4.4. Ikkunoiden puinen välirakenne

Ikkunoiden puurakenteiset välisosat rakennetaan uudelleen.

Ikkunoiden väliosien muut rakenteet (mm. eristeet, höyrynsulku, levytykset) asennetaan ikkunoi-
 den asennuksen jälkeen. Erityistä huomiota kiinnitetään höyrynsulun tiiveyteen ikkunaliittymissä.

4.5. Ikkunat

4.5.1. Ikkunoiden vaatimukset

Ikkunoiden:

- U-arvo max. 1,0
- g-arvo, % (ei erillisiä aurinkosuojakalvoja sisä- tai ulkopinnassa) etelä, länsi max. 30, pohjoinen, itä 40...50, ilmoitettu arvo kertoo aurinkoenergian kokonaisläpäisevyyden.
- Karmisvyvyys 170 mm mikäli karmin rakenne sellainen, että se tuo vesipeltiä ulommaksi verrattuna 130 mm karmisvyvyyteen. Muutoin käytetään 130 mm karmisvyvyttä.

4.5.2. Ikkunoiden asennus

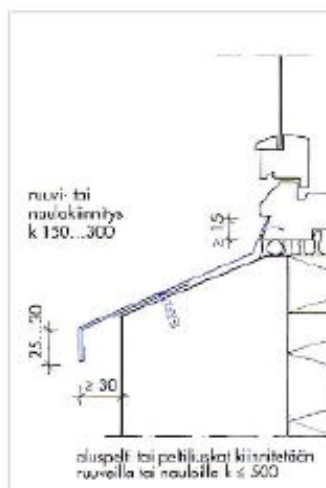
Ikkunat asennetaan paikoilleen. Asennustyössä on huomioitava valmistajan ohjeet.

4.6. Sisä- ja ulkopuoliset rakenteet

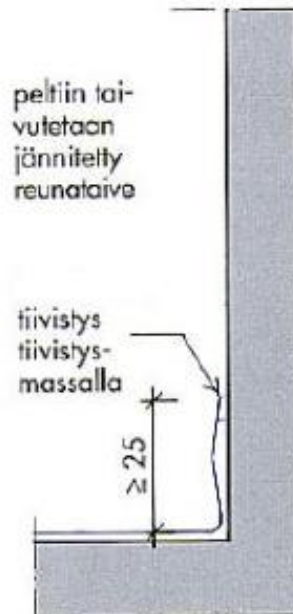
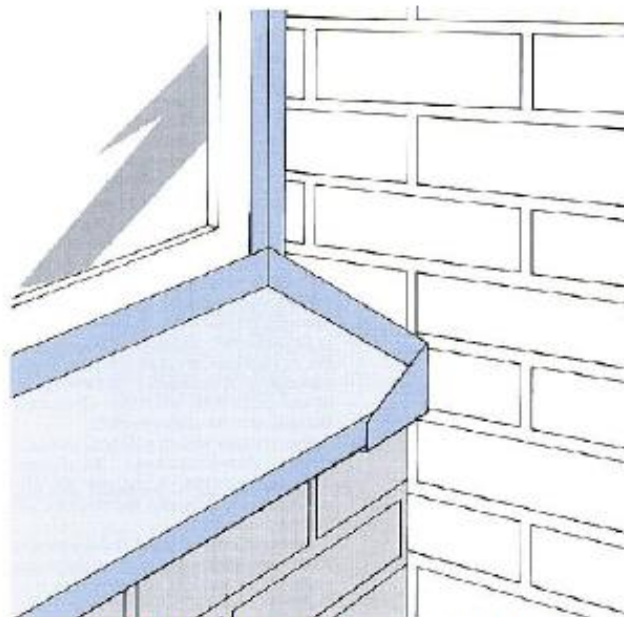
Sisä- ja ulkopuolisten rakenteiden uusiminen (mm. vesi- ja pielipellit sekä muut pellit, tilkevälit, levytykset ja elastiset kittaukset).

Vesipelti mitoituksia esitetty kuvissa 1 ja 2.

Mikäli vesipelti päättyy koko leveydeltään pystysuuntaiseen pintaan päätyyn tehdään pystypinnasta pois päin suuntautuva vesiuoma, kuva 3.



Kuva 1. Vesipellin mitoituksia,
RT 80-10632.


 Kuva 2. Vesipellin sivun mitoitus,
 RT 80-10632.


Kuva 3. Vesiuoma vesipellin päässä, RT 80-10632.

Vesipellin jyrkkyydessä pyritään vähintään 30° kaltevuuteen. Mikäli kaltevuutta ei muutoin saateta leikataa ulkopuolista tiililaattaa vinoksi niin, että päästään mahdollisimman lähelle minimikaltevuutta. Ulkopuolen betonikuoria ei viistetä.

Ikkunapellin (vesipellin) kanttausten sisäkulma tehdään siten, että noston toinen peltikaista jätetään pitkäksi ja käännetään toisen pellin päälle (lyhempi ylösnosto käännetään pitemmän ylösnoston taakse).

4.7. Lopettavat toimenpiteet

Ks. Liite 1 (Siivousohje) ja Liite 2 (Irtaimiston puhdistusohje).

4.8. Pintakäsittely

Pintakäsittelyt piirustusten mukaan.

4.9. Toimistotarvikkeet ym.

Käyttäjä tuo ATK-laitteet, paperit ja toimistotarvikkeet.

HUOM!
Liite 2.

5. LAADUNVARMISTUS

Laadunvarmistuksen keskeisimmät tavoitteet ovat varmistuminen ikkunoiden ympäristössä olevien turmeltuneiden rakenteiden poistamisesta sekä riittävän tiiviyn saavuttaminen ko. rakenteissa (ei haitallisia ilmavuotoja sisätiloihin).

5.1. Rakennuttajan laadunvalvonta

Rakennuttaja suorittaa kohteessa valvontaa työn ajan. Rakennuttajan edustajat ja valvojat valvovat työn sopimuksenmukaisuutta sekä oikeiden työmenetelmien ja materiaalien käyttöä ja heillä on oikeus milloin tahansa käydä työkohteessa.

Rakennuttajan suorittama laadunvalvonta ei vähennä urakoitsijan laatu vastuuta.

5.2. Urakoitsijan laadunvarmistus

Urakoitsijan tulee noudattaa materiaalien käyttämisessä valmistajien antamia käyttöohjeita sekä suorittaa työvaiheet tuotteiden valmistajien hyväksymillä laitteilla, työkaluilla ja menetelmillä.

Jokainen korjattava tila ja rakenteet valokuvataan ja tehdyt toimenpiteet kirjataan. Tehdyistä töistä laaditaan taulukko.

5.3. Mallityöt ja tarkastukset

Mallitöiden osalta toimitaan seuraavasti:

- Kaikista erillisistä peittyvistä työvaiheista tehdään mallityöt
- Kaikista erilaisista lopullisista rakenteista tehdään mallityöt
- Urakoitsija pyytää valvojan suorittamaan mallityön tarkastuksen, kun se on ajankoh-
taista (käytäntö sovitaan valvojan kanssa)
- Mallitöille tehdään sopivassa vaiheessa laadunvarmistuskokeet

Erityisesti mallityöt on tehtävä seuraavista korjausvaiheista:

- Suojaukset yleisesti
- Erilaisten rakenteiden purkutyö
- Penetrox-S käsittely
- Eristeen asennus elementtiin
- Apukarmin asennus elementtiin
- Ikkunan asennus
- Ikkunoiden puisen välirakenteen uusiminen levytyksineen
- Ikkunoiden alapuolisen puu-/levyrakenteen uusiminen
- Karmin tilkevälin eristys
- Höyrynsulun liitos rakenteisiin
- Kittaukset
- Ikkunalistat
- Ulkopuolen tiililaattojen viistäminen (mikäli viistämistä tarvitaan)
- Vesi- ja pielipeltien sekä muiden peltien kiinnitys
- Vesi- ja pielipeltien sekä muiden peltien liittymät
- Myrskypellit ja niiden kiinnitys
- Julkisivupellitykset alusrakenteineen
- Maalaukset
- Loppusiivous

Tehtyjä malleja korjataan tarvittaessa ja varsinaisen työn saa aloittaa vasta, kun rakennuttaja on hyväksynyt mallin. Malleja käytetään myöhemmin vertailukohtana työsuorituksen kelpoisuutta arvosteltaessa.

Tarkastuksista laaditaan aina kirjallinen dokumentti. Kuhunkin tarkastukseen sisältyvän työvaiheen laajuus sovitaan erikseen urakoitsijan ja kohteen valvojan kesken.

5.4. Laadunvarmistuskokeet

Laadunvarmistuskokeiden osalta toimitaan seuraavasti (tehdään mallitöille ja sekä myöhemmin erikseen määritettäville rakenneosille):

- Savukoe tai muu erikseen määriteltävä vuototutkimus (höyrynsulun liitokset, tilkevälin tiivistys ja lopulliset erilaiset rakenteet)
- Lämpökuvaus (höyrynsulkujen asennuksen jälkeen eri rakenteista ja lopulliset erilaiset rakenteet)

Kuopiossa 10.4.2013

Insinööritoimisto Savon Controlteam Oy



Mika Keinänen

RI (AMK)

Liitteet:

Liite 1	Siivousohje
Liite 2	Irtaimiston puhdistusohje